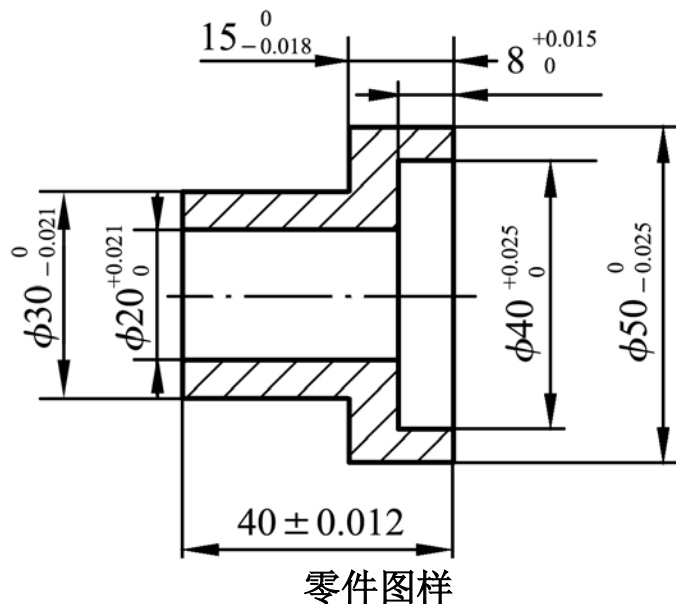


第1章 极限与配合及检测

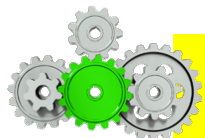


知识及技能目标

图中，零件的尺寸 $\phi 50 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$ 、 $8 \begin{smallmatrix} +0.015 \\ 0 \end{smallmatrix}$ 等表示的含义分别是什么？
它们的公称尺寸、极限尺寸、极限偏差、公差分别是多少？



第1章 极限与配合及检测



知识及技能目标

1. 理解有关公差、极限偏差等术语的定义及有关计算，并会查表标注尺寸的极限偏差值。
2. 掌握零件检测（测量方法、测量误差、测量精度等）的基础知识。
3. 能正确使用游标卡尺、外径千分尺等测量工具对典型零件进行测量。



第1章 极限与配合及检测



素质目标

1. 通过对测量工具的学习，培养学生具有安全生产、环保、职业道德等意识。
2. 培养学生吃苦耐劳、锐意进取的职业精神，从而在今后的从业中对每件产品凝神聚力，追求极致。



第1章 极限与配合及检测

1.1 极限与配合的基本知识

1.2 极限与配合标准的主要内容

1.3 测量技术基础

1.4 测量误差及数据处理

1.5 极限与配合的选用

技能训练



1.1 极限与配合的基本知识

极限与配合标准几乎涉及国民经济的各个部门，因此，国际上公认它是特别重要的基础标准之一。

新修订的“极限与配合”标准由以下标准组成：《产品几何技术规范(GPS)极限与配合第1部分：公差、偏差和配合的基础》(GB/T 1800.1-2020)；《产品几何技术规范(GPS)极限与配合第2部分：标准公差等级和孔、轴极限偏差表》；(GB/T 1800.2-2020)；《产品几何技术规范(GPS)极限与配合公差带和配合的选择》(GB/T 1801-2020)；《公差与配合尺寸至18 mm孔、轴公差带》(GB/T 1803-2003)；《一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差》(GB/T 1804-2000)。



1.1 极限与配合的基本知识

一、极限与配合的基本术语及定义

1

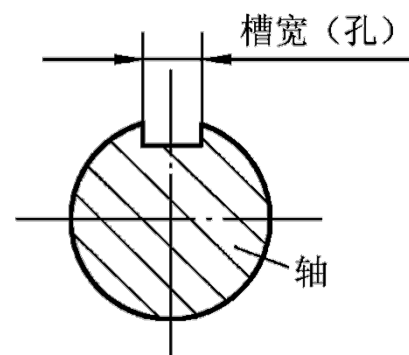
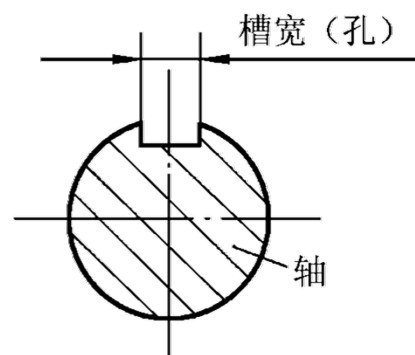
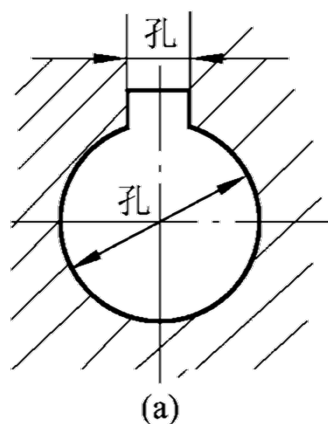
孔和轴

(2)轴

(1)孔

孔是指工件的圆柱内表面,也包括非圆柱内表面(由二平行平面或切面形成的包容面),如图(a)所示。孔的直径尺寸用 D 表示。

轴是指工件的圆柱外表面,也包括非圆柱外表面(由二平行平面或切面形成的被包容面),如图(b)所示。轴的直径尺寸用 d 表示。



孔和轴



大连理工大学出版社



1.1 极限与配合的基本知识

二、有关要素的术语及定义

1

要素

要素即构成零件几何特征的点、线、面。

2

尺寸要素

尺寸要素是指线性尺寸要素或者角度要素。

(1)

线性尺寸要素

有一个或者多个本质特征的几何要素，其中只有一个可以作为变量参数，其他的参数是“单参数族”中的一员，且这些参数遵守单调性。



1.1 极限与配合的基本知识

二、有关要素的术语及定义

(2) 角度要素

属于回转恒定类的几何要素，其母线名义上倾斜一个不等于 0° 或者 90° 的角度；或属于棱柱面恒定类别，两个方位要素之间的角度由具有相同形状的两个表面组成。

3 公称组成要素

由设计者在产品技术文件中定义的理想组成要素。

(1) 公称要素

由设计者在产品技术文件中定义的理想要素，它在产品技术中定义，可以是有限的或者是无限的。



1.1 极限与配合的基本知识

二、有关要素的术语及定义

(2)

组成要素

属于工件的实际表面或表面模型的几何要素。

4

公称尺寸

公称尺寸是由图样规范定义的理想形状要素的尺寸，通过它应用上、下极限偏差可计算出极限尺寸。孔用 D 表示，轴用 d 表示。

5

实际尺寸

实际尺寸是拟合组成要素的尺寸，通过测量得到。



1.1 极限与配合的基本知识

二、有关要素的术语及定义

6

极限尺寸

极限尺寸是指要素的尺寸所允许的两个极限值。

尺寸要素允许的最大尺寸称为上极限尺寸;尺寸要素允许的最小尺寸称为下极限尺寸。孔或轴的上极限尺寸分别用 $D_{\max}$ 和 $d_{\max}$ 表示;下极限尺寸分别用 $D_{\min}$ 和 $d_{\min}$ 表示。



1.1 极限与配合的基本知识

三、有关尺寸偏差、公差的术语及定义

1

尺寸偏差

某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为尺寸偏差(简称偏差)。偏差可能为正或负，也可能为零。

2

实际偏差

实际尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为实际偏差。

3

极限偏差

(1)上极限偏差：上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差。孔的上极限偏差用 ES 表示;轴的上极限偏差用 es 表示。

(2)下极限偏差：下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差。孔的下极限偏差用 EI 表示;轴的下极限偏差用 ei 表示。



1.1 极限与配合的基本知识

三、有关尺寸偏差、公差的术语及定义

3

极限偏差

$$\text{孔的极限偏差} \quad ES = D_{\max} - D \quad EI = D_{\min} - D \quad (1-1)$$

$$\text{轴的极限偏差} \quad es = d_{\max} - d \quad ei = d_{\min} - d \quad (1-2)$$

4

公差

公差是上极限尺寸与下极限尺寸之差。公差是用以限制误差的，工件的误差在公差范围内即合格；反之，则不合格。

$$\text{孔公差} \quad T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \quad (1-3)$$

$$\text{轴公差} \quad T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad (1-4)$$



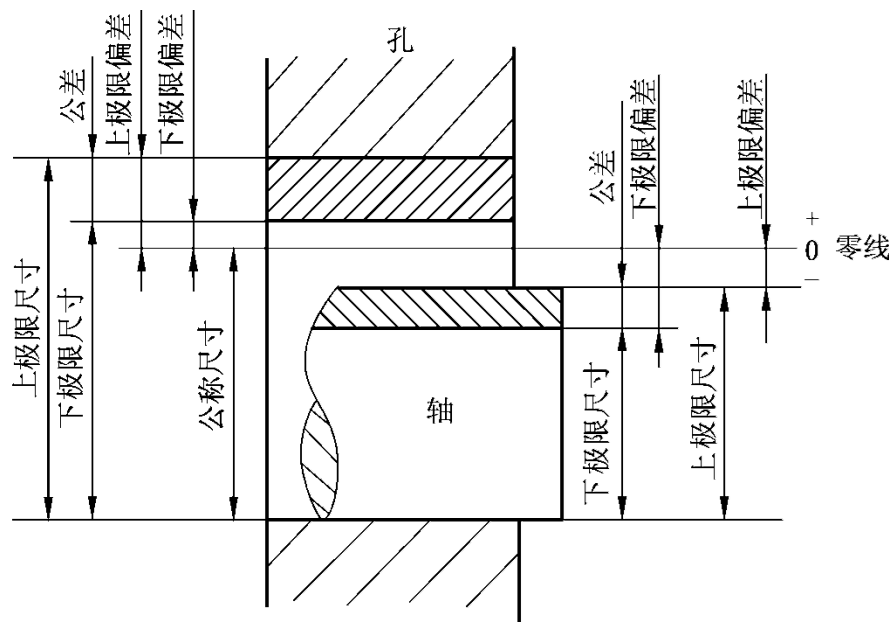
1.1 极限与配合的基本知识

1.1.3 有关尺寸偏差、公差术语及定义

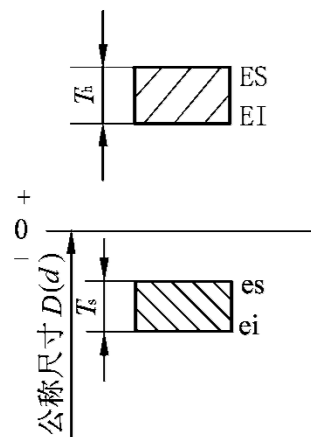
4

尺寸公差

图 (a)是公差与配合示意图，它表明了两个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。图(b)为公差带图。



(a) 公差与配合示意图



(b) 公差带图



动画



大连理工大学出版社



1.1 极限与配合的基本知识

三、有关尺寸偏差、公差的术语及定义

5

公差带

(1)公差带

公差带是指公差极限之间（包括公差极限）的变动量。

公差带由公差大小和其相对于零线位置的基本偏差来确定。

(2)零线

零线为确定极限偏差的基准线，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。



1.1 极限与配合的基本知识

三、有关尺寸偏差、公差的术语及定义

6

标准公差IT

标准公差IT是线性尺寸公差ISO代号体系中的任一公差称为标准公差。

7

基本公差

用以确定公差带相对于零线位置的上极限偏差或下极限偏差称为基本偏差。一般以公差带靠近零线的那个偏差作为基本偏差。



1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

1

配合

配合是指类型相同且待装配的外尺寸要素（轴）和内尺寸要素（孔）之间的关系的关系。

2

间隙或过盈

在轴与孔的配合中，孔的尺寸减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。国家标准规定，配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合。



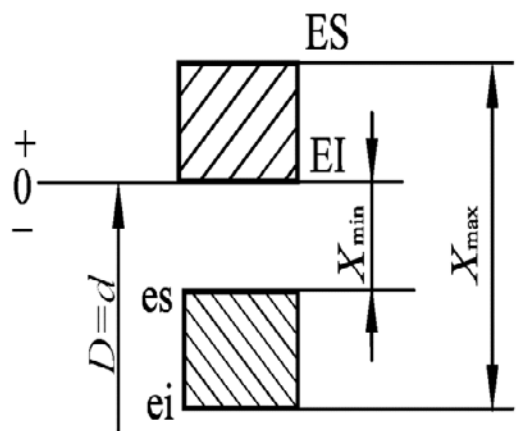
1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

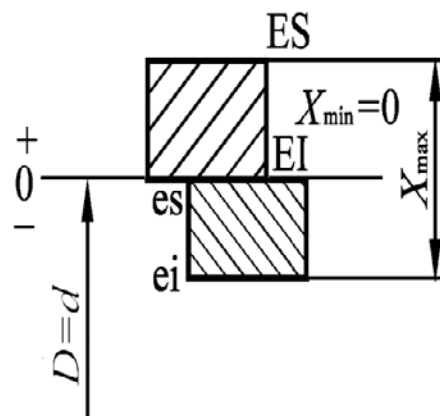
3

间隙配合

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, 如图所示。



(a)



(b)

间隙配合



1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

3

间隙配合

$$\text{最大间隙 } X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-5)$$

$$\text{最小间隙 } X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-6)$$

间隙配合的平均松紧程度称为平均间隙 X_{av} 。

$$\text{平均间隙 } X_{\text{av}} = \frac{1}{2}(X_{\max} + X_{\min}) \quad (1-7)$$



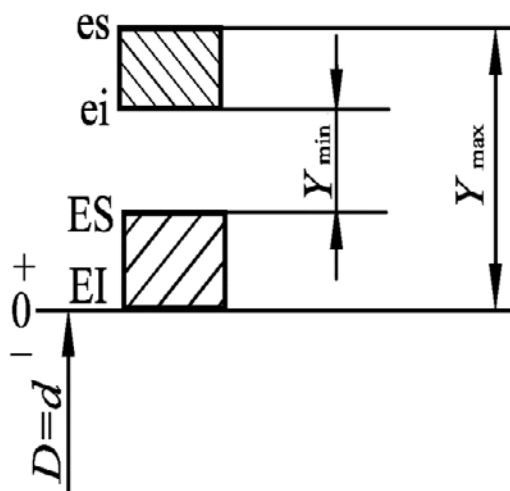
1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

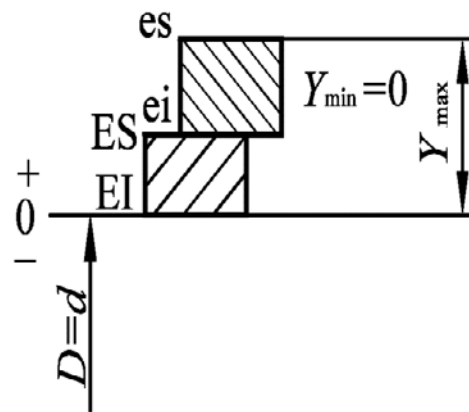
4

过盈配合

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, 如图所示。



(a)



(b)

过盈配合



1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

4

过盈配合

最大过盈 $Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$ (1-8)

最小过盈 $Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$ (1-9)

平均过盈为最大过盈与最小过盈的平均值。

平均过盈 $Y_{\text{av}} = \frac{1}{2}(Y_{\max} + Y_{\min})$ (1-10)



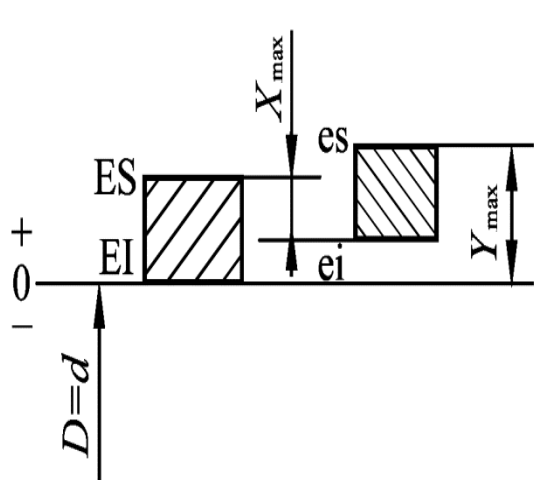
1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

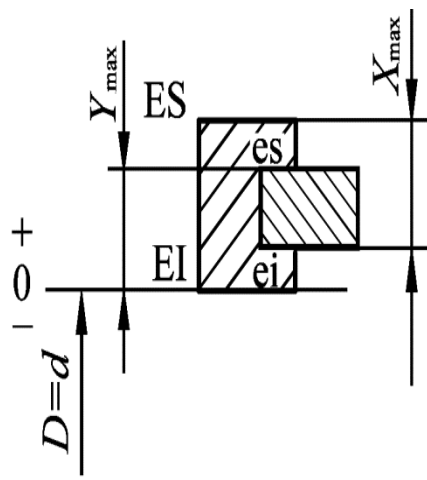
5

过渡配合

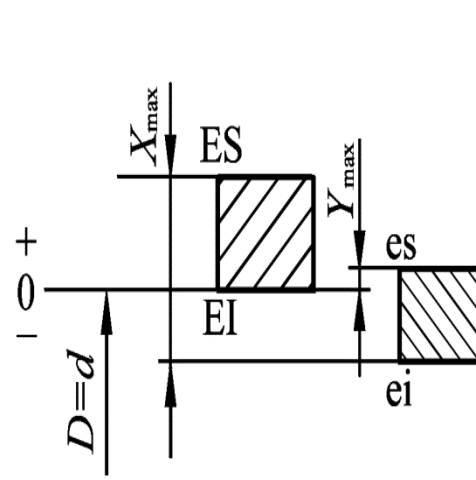
可能具有间隙或过盈的配合称为过渡配合，此时孔的公差带与轴的公差带相互交叠，如图所示。它是介于间隙配合与过盈配合之间的一种配合，但间隙和过盈量都不大。



(a)



(b)



(c)

过渡配合



1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

5

过渡配合

最大间隙 $X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$

最大过盈 $Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$

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。
若所得值为正，则为平均间隙；若为负，则为平均过盈。即

$$X_{av} (Y_{av}) = \frac{1}{2} (X_{\max} + Y_{\max}) \quad (1-11)$$



1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

6

配合公差

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，是一个绝对值。

$$\text{对间隙配合} \quad T_f = |X_{\max} - X_{\min}| \quad (1-12)$$

$$\text{对过盈配合} \quad T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| \quad (1-13)$$

$$\text{对过渡配合} \quad T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| \quad (1-14)$$

$$T_f = T_h + T_s \quad (1-15)$$



1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

6

例 1 — 1

例 1-1 已知孔 $\phi 50^{+0.039}_0$ mm, 轴 $\phi 50^{+0.025}_{-0.050}$ mm, 求 $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ 及 T_f , 并画出公差带图。

解: $X_{\max} = ES - ei = +0.039 - (-0.050) = +0.089$ mm

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

$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |0.089 - 0.025| = 0.064$ mm

公差带图如图 1-7(a) 所示。



1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

6

例 1 - 2

例 1-2 已知孔 $\phi 50^{+0.039}_0$ mm, 轴 $\phi 50^{+0.079}_{+0.054}$ mm, 求 $Y_{\max}$ 、 $Y_{\min}$ 及 T_f , 并画出公差带图。

解: $Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.079) = -0.079$ mm

$Y_{\min} = ES - ei = +0.039 - (+0.054) = -0.015$ mm

$T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| = |-0.015 - (-0.079)| = 0.064$ mm

公差带图如图 1-7(b) 所示。



1.1 极限与配合的基本知识

四、有关配合的术语及定义

6

例 1 — 3

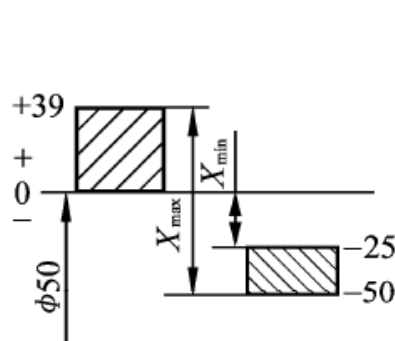
例 1-3 已知孔 $\phi 50^{+0.039}_0$ mm, 轴 $\phi 50^{+0.034}_{+0.009}$ mm, 求 $X_{\max}$ 、 $Y_{\max}$ 及 T_f , 并画出公差带图

解: $X_{\max} = ES - ei = +0.039 - (+0.009) = +0.030$ mm

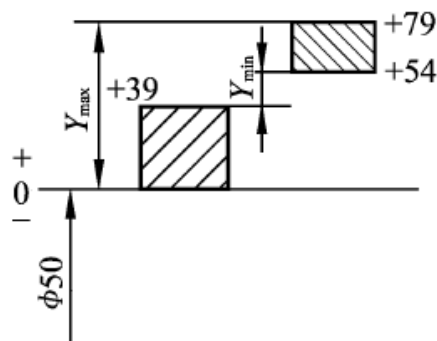
$Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.034) = -0.034$ mm

$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = |0.030 - (-0.034)|$ mm = 0.064 mm

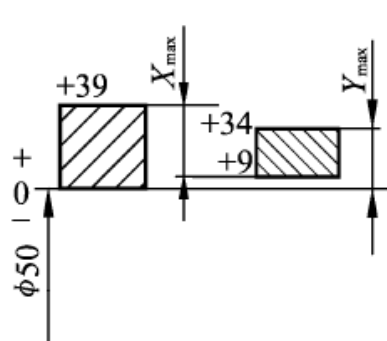
公差带图如图 1-7(c) 所示。



(a)



(b)



(c)



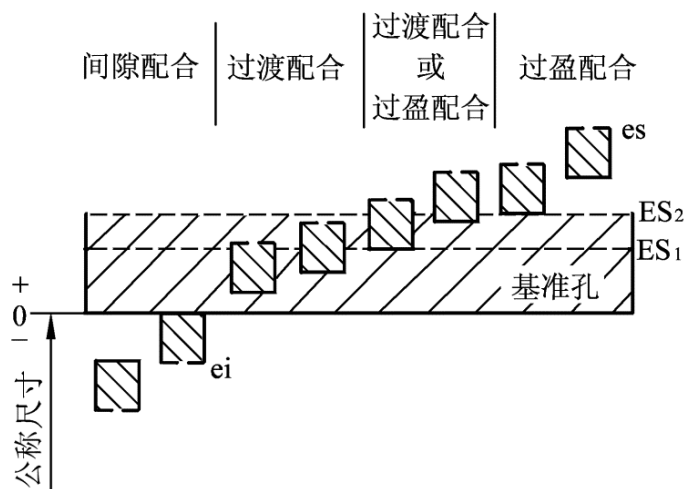
1.2 极限与配合标准的主要内容

一、配合制及标准公差

1

基孔制

基孔制是指基本偏差为一定的孔公差带，与不同基本偏差的轴公差带形成各种配合的制度。

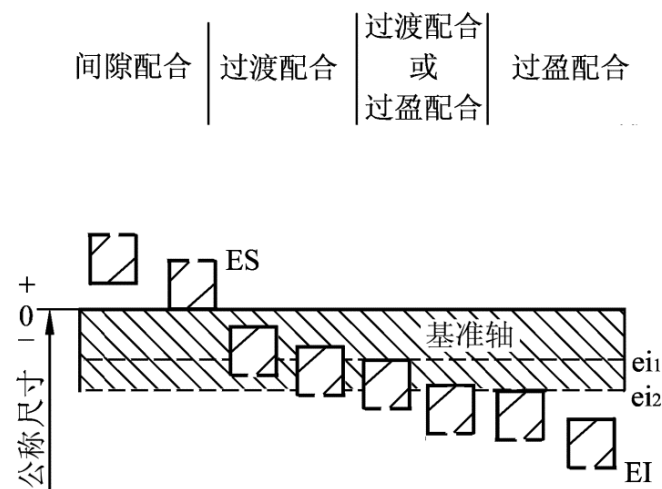


(a) 基孔制

2

基轴制

基轴制是指基本偏差为一定的轴公差带，与不同基本偏差的孔公差带形成各种配合的制度。



(b) 基轴制

基准制



1.2 极限与配合标准的主要内容

1.2.1 配合制及标准公差等级

3

公差等级

确定尺寸精确程度的等级称为公差等级。国家标准设置了20个公差等级，各级标准公差的代号为IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT18。IT01精度最高，其余依次降低，标准公差值依次增大。



1.2 极限与配合标准的主要内容

二、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，是对公差带位置的标准化。其数量将决定配合种类的数量。国家标准对孔和轴分别规定了28个公差带位置，分别由28个基本偏差来确定。

1

代号

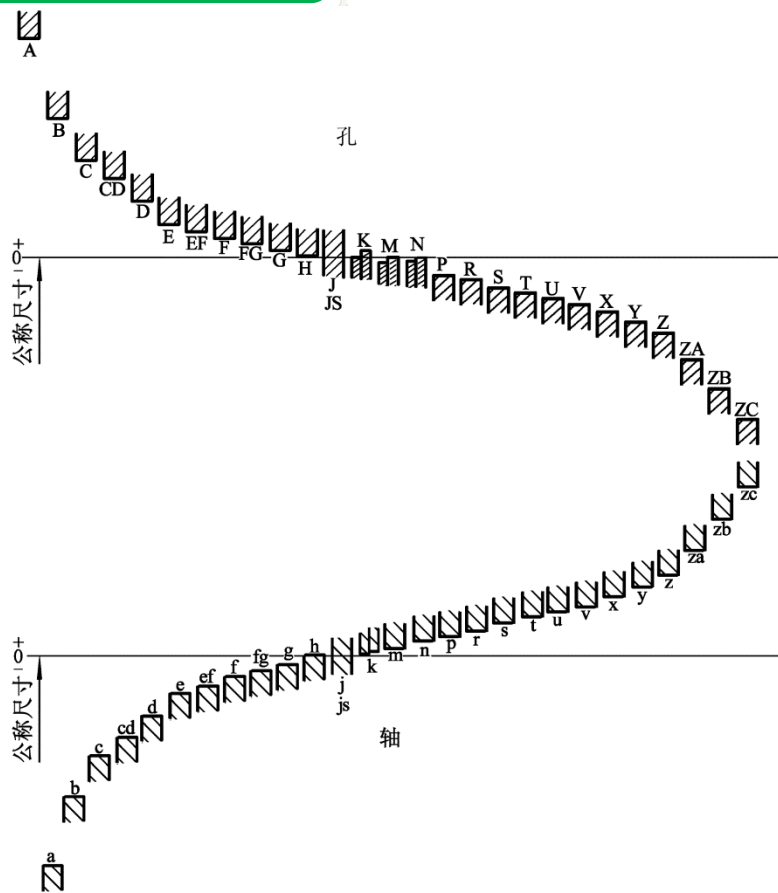
基本偏差代号用拉丁字母表示，孔用大写字母表示，轴用小写字母表示。



1.2 极限与配合标准的主要内容

二、基本偏差系列

2 基本偏差系列图及其特征



动画

基本偏差系列



大连理工大学出版社

1.2 极限与配合标准的主要内容

二、基本偏差系列

3 基本偏差数值

(1)轴的基本偏差数值

轴的基本偏差数值以基孔制配合为基础，按照各种配合要求，再根据生产实践经验和统计分析结果得出的一系列公式，经计算后圆整得出。

轴的基本偏差可查表确定，另一个极限偏差可根据轴的基本偏差数值和标准公差值按下列关系式计算：

$$e_i = e_s - IT \quad (\text{公差带在零线之下}) \quad (1-16)$$

$$e_s = e_i + IT \quad (\text{公差带在零线之上}) \quad (1-17)$$



1.2 极限与配合标准的主要内容

二、基本偏差系列

3 基本偏差数值

(2)孔的基本偏差数值

孔的基本偏差数值是由同名的轴的基本偏差换算得到的。

①通用规则用 同一字母表示的孔、轴的基本偏差的绝对值相等、符号相反。孔的基本偏差是轴的基本偏差相对于零线的倒影，即

$$EI = -es \text{ (适用于 } A \sim H \text{)} \quad (1-18)$$

$$ES = -ei \text{ (适用于同级配合的 } K \sim ZC \text{)} \quad (1-19)$$



1.2 极限与配合标准的主要内容

二、基本偏差系列

3 基本偏差数值

(2)孔的基本偏差数值

②特殊规则 用同一字母表示的孔、轴的基本偏差的符号相反、绝对值相差一个 Δ 值，即

$$ES = -ei + \Delta \quad (1-20)$$

$$\Delta = IT_n - IT_{n-1} = IT_h - IT_s \quad (1-21)$$

$$EI = ES - IT \text{ (公差带在零线之下)} \quad (1-22)$$

$$ES = EI + IT \text{ (公差带在零线之上)} \quad (1-23)$$



1.2 极限与配合标准的主要内容

二、基本偏差系列

例 1-4 查表确定 $\phi 25\text{H}8/\text{p}8$, $\phi 25\text{P}8/\text{h}8$ 孔与轴的极限偏差。

解: (1) 查表确定孔和轴的标准公差

查表 1-2 得 $\text{IT}8 = 33 \mu\text{m}$

(2) 查表确定轴的基本偏差

查表 1-3 得 p 的基本偏差为下极限偏差 $e_i = +22 \mu\text{m}$

h 的基本偏差为上极限偏差 $e_s = 0$

(3) 查表确定孔的基本偏差

查表 1-4 得 H 的基本偏差为下极限偏差 $E_i = 0$

P 的基本偏差为上极限偏差 $E_s = -22 \mu\text{m}$

(4) 计算轴的另一个极限偏差

p8 的另一个极限偏差 $e_s = e_i + \text{IT}8 = +22 + 33 = +55 \mu\text{m}$

h8 的另一个极限偏差 $e_i = e_s - \text{IT}8 = 0 - 33 = -33 \mu\text{m}$

(5) 计算孔的另一个极限偏差

H8 的另一个极限偏差 $E_s = E_i + \text{IT}8 = 0 + 33 = +33 \mu\text{m}$

P8 的另一个极限偏差 $E_i = E_s - \text{IT}8 = -22 - 33 = -55 \mu\text{m}$

(6) 标出极限偏差

$$\phi 25 \frac{\text{H}8(+0.033)}{\text{p}8(+0.055)}$$

$$\phi 25 \frac{\text{P}8(-0.022)}{\text{h}8(-0.033)}$$



1.2 极限与配合标准的主要内容

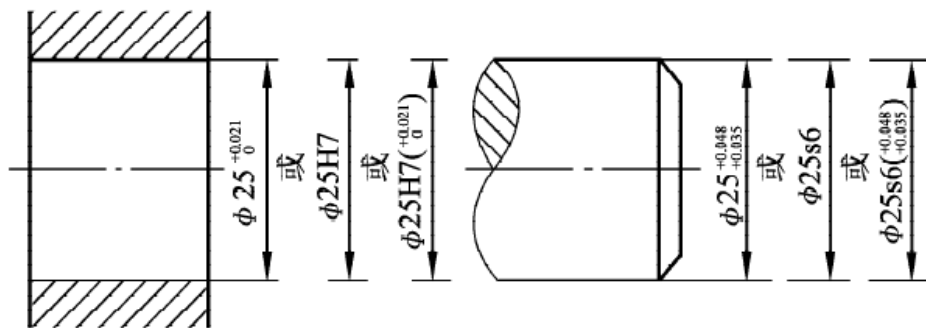
三、极限与配合在图样上的标注

1 公差带代号与配合代号

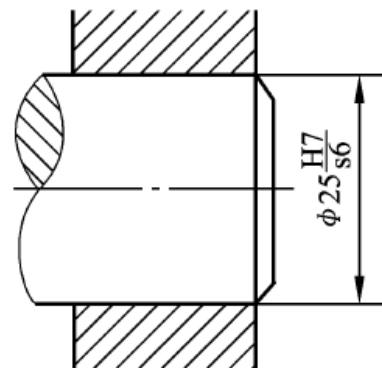
孔、轴的公差带代号由基本偏差代号和公差等级数字组成。

当孔和轴组成配合时，配合代号写成分数形式，分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号。

2 图样中尺寸公差的标注形式



孔、轴公差在零件图上的标注



装配图上的标注



1.2 极限与配合标准的主要内容

五、一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差

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称为一般公差。

GB/T 1804-2000对线性尺寸的一般公差规定了4个公差等级，它们分别是精密级f、中等级m、粗糙级c、最粗级v。

采用GB/T 1804-2000规定的一般公差，在图样、技术文件或标准中用该标准号和公差等级符号表示。例如，当选用中等级m时可表示为GB/T 1804-2000-m。



1.3 测量技术基础

一、技术测量与检测的基本知识

1 测 量

测量是指为确定量值进行的一组操作过程，其实质是将被测量 L 与具有计量单位的标准量 E 进行比较，从而确定比值 q 的过程，即 $q=L/E$

(1)测量对象

主要指几何量，包括长度、角度、几何误差、表面粗糙度以及螺纹、齿轮的各种参数等。

(2)计量单位

长度单位为米(m)，在机械制造中常用单位为毫米(mm)、微米(μm)；
角度单位是弧度(rad)，实用中常以度($^{\circ}$)、分(')、秒('')为单位。



1.3 测量技术基础

一、技术测量与检测的基本知识

1 测 量

由此可知，一个完整的测量过程应包括以下四个要素：

(3)测量方法

是指在进行测量时所采用的测量器具、测量原理和测量条件的总和。

(4)测量精度

是指测量结果与真值的一致程度。测量结果越接近真值，测量精度越高；反之，测量精度越低。



1.3 测量技术基础

二、技术测量与检测的基本知识

2

检 验

检验是指为确定被测量是否达到预期要求所进行的测量，从而判断是否合格，不一定得出具体的量值。

检验是与测量相类似的一个概念，其含义比测量更广一些。例如，表面锈蚀的检验、金属内部缺陷的检验等，在这些情况下，就不能用测量的概念。



1.3 测量技术基础

一、长度基准与尺寸传递

1

长度尺寸基准和传递系统

目前世界各国所使用的长度单位有米制和英制两种，长度的量值传递是指“将国家计量基准所复现的计量值，通过检定（或其他方法）传递给下一等级的计量标准（器）并依次逐级传递到工作计量器具上，以保证被测量对象的量值准确一致的方式”。

1 m是在 $1/299\,792\,458\text{ s}$ 时间间隔内光在真空中所行程的长度。这是经1983年第17届国际计量大会审议并批准的“米”的新定义。



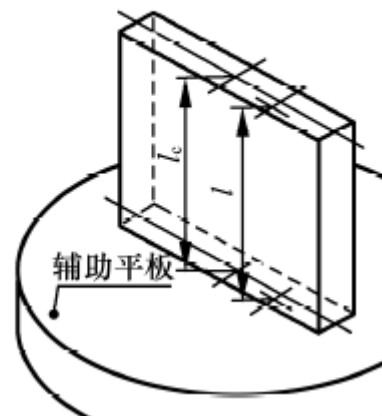
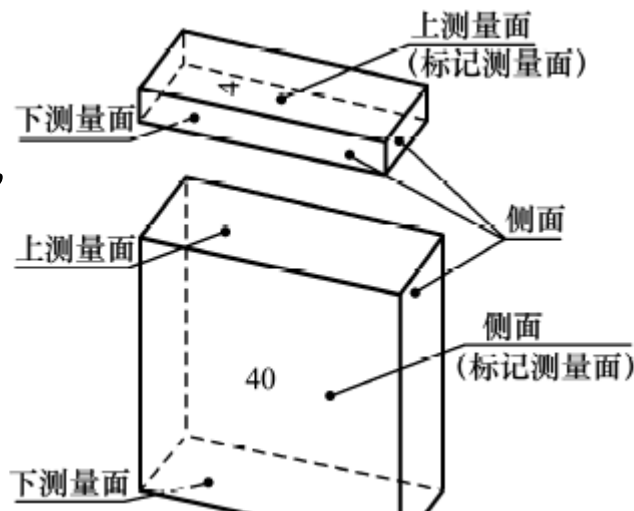
1.3 测量技术基础

二、量块

1

量块及其特点

量块是指用耐磨材料制造，横截面为矩形，并具有一对相互平行测量面的量具，量块的测量面可以和另一个量块的测量面相研合而组合使用，也可以和具有类似表面品质的辅助表面相研合而用于量块长度的测量。



量块



1.3 测量技术基础

二、量块

2

量块的规格

(1) 量块长度 l

是指量块一个测量面上的任意点到与相对的另一测量面相研合的辅助体表面之间的垂直距离，且辅助体的材料和表面品质与量块相同。

(2) 量块中心长度 l_c

是指对应于量块未研合测量中心点的量块长度。

(3) 量块标称长度 l_n

是指标记在量块上，用以表明其与主单位（m）之间关系的量值，也称为量块长度的示值。



1.3 测量技术基础

二、量块

3 量块的精度

(1)量块的制造精度分为00,0,1,2,(3)级五个级别，其中00级的精度最高，各级精度依次降低，(3)级的精度最低。此外，还有一个校准级—K级。

(2)量块的检定精度(根据量块中心长度的极限偏差和测量面的平面度公差等精度指标)分为1、2、3、4、5、6六个等别，其中1等的精度最高，各等别精度依次降低，6等的精度最低。



1.3 测量技术基础

二、量块

4

量块的使用

为了能用较少的块数组合成所需要的尺寸，量块应按一定的尺寸系列成套生产供应。国家标准共规定了17种系列的成套量块。

例如，使用 83 块一套的量块组，从中选取量块组成 36.375 mm。查表 1-10，可按如下步骤选择量块尺寸：

$$\begin{array}{rcl} 36.375 & \cdots\cdots\cdots & \text{量块组合尺寸} \\ -1.005 & \cdots\cdots\cdots & \text{第 1 块量块尺寸} \\ \hline 35.37 & & \\ -1.37 & \cdots\cdots\cdots & \text{第 2 块量块尺寸} \\ \hline 34.0 & & \\ -4.0 & \cdots\cdots\cdots & \text{第 3 块量块尺寸} \\ \hline 30 & \cdots\cdots\cdots & \text{第 4 块量块尺寸} \end{array}$$

即

$$36.375 = 1.005 + 1.37 + 4.0 + 30$$



1.3 测量技术基础

二、量块

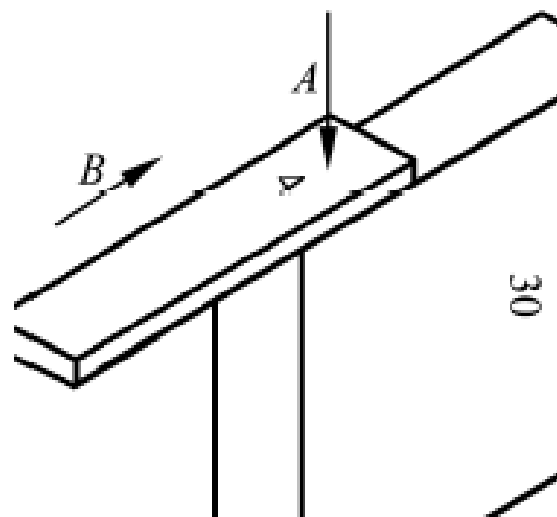
5 量块的研合以致及研合方法

(1) 研合性

量块的研合性是指量块的一个测量面与另一量块的测量面或另一经精加工的类似量块的测量面的表面，通过分子力作用而相互研合的性能。

(2) 量块的研合

研合量块组时，首先用优质汽油将选用的各量块清洗干净，用洁布擦干，然后以大尺寸量块为基础，顺次将小尺寸量块研合上去。



量块的研合



1.3 测量技术基础

三、计量器具的基本度量指标

项目	含义
刻度间距	指刻度尺或分度盘上相邻两刻线中心之间的距离。一般刻度间距为1~2.5 mm
分度值 <i>i</i> (刻度值)	指标尺或分度盘上相邻两刻线间所代表被测量的量值。
示值范围 <i>b</i> (工作范围)	指计量器具所能显示的最低值(起始值)到最高值(终止值)的范围
测量范围 <i>B</i>	指在允许的误差限内，计量器具所能测量的下限值(最小值)到上限值(最大值)的范围
灵敏度 <i>K</i>	指计量器具的指针对被测量变化的反应能力



1.3 测量技术基础

三、计量器具的基本度量指标

项目	含义
测量力	指计量器具的测头与被测表面之间的接触压力。在接触测量中，要求有一定的恒定测量力
示值误差	是指计量器具上的示值与被测量真值的代数差。一般来说，示值误差越小，精度越高
示值变动	指在测量条件不变的情况下，用计量器具对同一被测量进行多次测量(一般为5~10次)所得示值中的最大差值
回程误差 (滞后误差)	指在相同条件下，对同一被测量进行往返两个方向测量时，计量器具示值的最大变动量
不确定度	指由于测量误差的存在而对被测量值不能肯定的程度



1.3 测量技术基础

四、测量方法的分类

名称	含义
直接测量	是指直接从计量器具上获得被测量的量值的测量方法
间接测量	是指先测量与被测量有一定函数关系的量，再通过函数关系计算出被测量的测量方法
绝对测量	是指被测量的全值从计量器具的读数装置直接读出
相对测量	是指从计量器具上仅读出被测量对已知标准量的偏差值，而被测量的量值为计量器具的示值与标准量的代数和
接触测量	是指计量器具在测量时，其测头与被测表面直接接触的测量
非接触测量	是指计量器具的测头与被测表面不接触的测量
单项测量	是指分别测量工件的各个参数的测量



1.3 测量技术基础

四、测量方法的分类

名称	含义
综合测量	是指同时测量工件上某些相关的几何量的综合结果，以判断综合结果是否合格
主动测量	是指在加工过程中对零件的测量
被动测量	是指在加工后对零件进行的测量
静态测量	是指在测量时被测表面与计量器具的测量头处于静止状态的测量
动态测量	是指测量时被测表面与计量器具的测量头之间处于相对运动状态的测量



1.4 测量误差及数据处理

一、测量误差概念

1

绝对误差

绝对误差 δ 是指测量的量值 x 与其真值 x_0 之差的绝对值,即

$$\delta = |x - x_0| \quad (1-24)$$

测量误差可能是正值,也可能是负值。因此,真值可以表示为

$$x_0 = x \pm \delta \quad (1-25)$$

2

相对误差

相对误差 f 是指绝对误差 δ 与真值 x_0 之比。由于真值不知道,因此在实用中常以被测量的测得值 x 代替真值 x_0 进行估算,即

$$f = \frac{\delta}{x_0} \approx \frac{\delta}{x} \quad (1-26)$$



1.4测量误差及数据处理

二、测量误差的来源

1 计量器具的误差

指计量器具本身所具有的误差，包括计量器具的设计、制造和使用过程中的各项误差，这些误差的综合反映可用计量器具的示值精度或不确定度来表示。

2 测量方法误差

指测量方法不完善所引起的误差。包括计算公式不准确、测量方法选择不当、测量基准不统一、工件安装不合理以及测量力不稳定等引起的误差。



1.4 测量误差及数据处理

二、测量误差的来源

3 测量环境误差

指测量时的环境条件不符合标准条件所引起的误差。环境条件是指湿度、温度、振动、气压和灰尘等。其中，温度对测量结果的影响最大。

4 人员误差

指测量人员的主观因素所引起的误差。例如，测量人员技术不熟练、视觉偏差、估读判断错误等引起的误差。



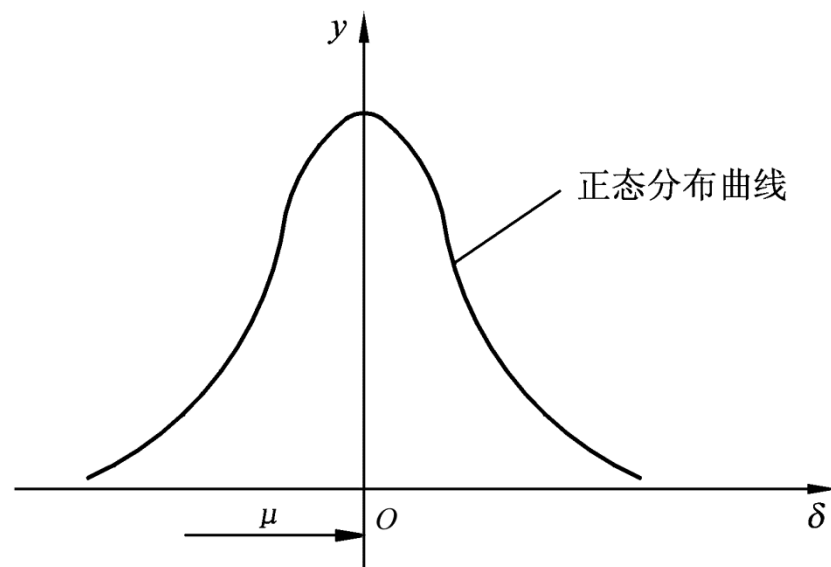
1.4 测量误差及数据处理

三、测量误差的种类和特性

1 随机误差

随机误差是指在一定测量条件下，多次测量同一量值时，其数值大小和符号以不可预料的方式变化的误差。

随机误差可用试验方法来确定。实践表明，大多数情况下，随机误差符合正态分布。如图所示。横坐标表示随机误差 δ ，纵坐标表示概率密度 y 。



正态分布曲线



1.4 测量误差及数据处理

三、测量误差的种类和特性

1

随机误差

对称性

绝对值相等、符号相反的随机误差出现的概率相等。

单峰性

绝对值小的随机误差出现的概率比绝对值大的随机误差出现的概率大。

抵偿性

在一定测量条件下，多次重复测量，各次随机误差的代数和趋近于零。

有界性

在一定测量条件下，随机误差的绝对值不会超出一定的界限。



1.4 测量误差及数据处理

三、测量误差的种类和特性

1

随机误差

极限误差

$$\delta_{\lim} = \pm 3\sigma = \pm 3\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n}} \quad (1-27)$$

单次测量

$$x = x_i \pm \delta_{\lim} = x_i \pm 3\sigma \quad (1-28)$$



1.4 测量误差及数据处理

三、测量误差的种类和特性

2 系统误差

系统误差是指在一定测量条件下，多次测量同一量时，误差的大小和符号均保持不变或按一定规律变化的误差。前者称为定值(或常值)系统误差,如千分尺的零位不正确而引起的测量误差；后者称为变值系统误差。

3 粗大误差

粗大误差是指明显超出规定条件下预期的误差。例如，在测量过程中看错、读错、记错以及突然的冲击、振动等引起的测量误差。



1.4 测量误差及数据处理

四、测量精度的相关概念

精密度

精密度表示测量结果受随机误差影响的程度。

准确度

正确度表示测量结果受系统误差影响的程度。

准确度

准确度表示测量结果受系统误差和随机误差综合影响的程度。



1.4 测量误差及数据处理

四、测量结果的数据处理

1 测量列中随机误差的处理

(1) 计算算术平均值

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1-29)$$

(2) 计算残差 v_i

$$v_i = x_i - \bar{x} \quad (1-30)$$

(3) 计算标准偏差 σ

$$\sigma \approx \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1-31)$$



1.4 测量误差及数据处理

四、测量结果的数据处理

1 测量列中随机误差的处理

(4) 计算测量列算术平均值的标准偏差 $\sigma_{\bar{x}}$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \approx \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n(n-1)}} \quad (1-32)$$

(5) 测量列的极限误差 $\delta_{\lim}$

$$\delta_{\lim(\bar{x})} = \pm 3\sigma_{\bar{x}} \quad (1-33)$$

因此，测量列的测量结果可表示为

$$x_0 = \bar{x} \pm \delta_{\lim(\bar{x})} = \bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}} = \bar{x} \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1-34)$$



1.4 测量误差及数据处理

五、测量结果的数据处理

2 系统误差的发现和消除

系统误差一般通过标定的方法获得。从数据处理的角度出发，发现系统误差的方法有多种，直观的方法是“残差观察法”，即根据测量值的残差，列表或作图进行观察。

3 粗大误差的剔除

粗大误差的特点是数值与其他结果相差较大，对测量结果产生明显的歪曲，应从测量数据中将其剔除。判断粗大误差常用拉依达准则(又称 3σ 准则)，凡绝对值大于 3σ 的残差，就作为粗大误差而予以剔除。判断式

$$|v_i| > 3\sigma$$

(1-35)



1.5 极限与配合的选用

一、配合制的选择

1 一般情况下优先选用基孔制

当孔的公称尺寸和公差等级相同而基本偏差改变时，就需更换刀具、量具。一种规格的磨轮或车刀，可以加工不同基本偏差的轴，轴还可以用通用量具进行测量。

因此，为了减少定值刀具、量具的规格和数量，便于生产，提高经济性，应优先选用基孔制。



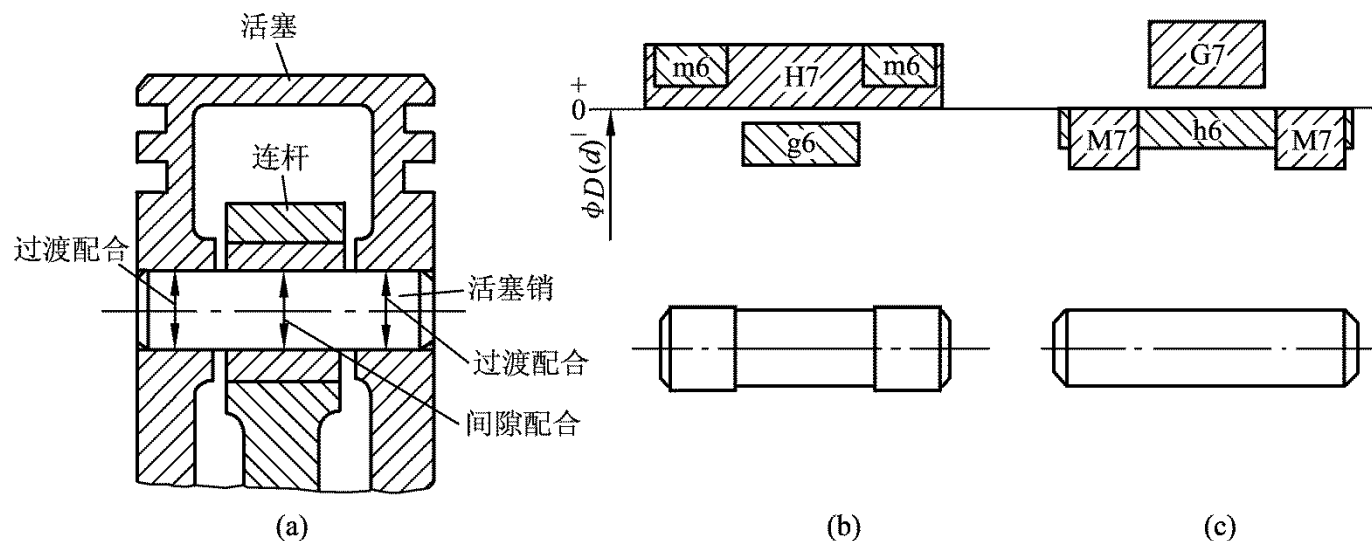
1.5 极限与配合的选用

一、配合制的选择

2 在下列情况下，应选用基轴制

(1) 当在机械制造中采用具有一定公差等级的冷拉钢材，其外径不经切削加工即能满足使用要求时。

(2) 由于结构上的特点，宜采用基轴制。如图所示。



基准制选择不例 1

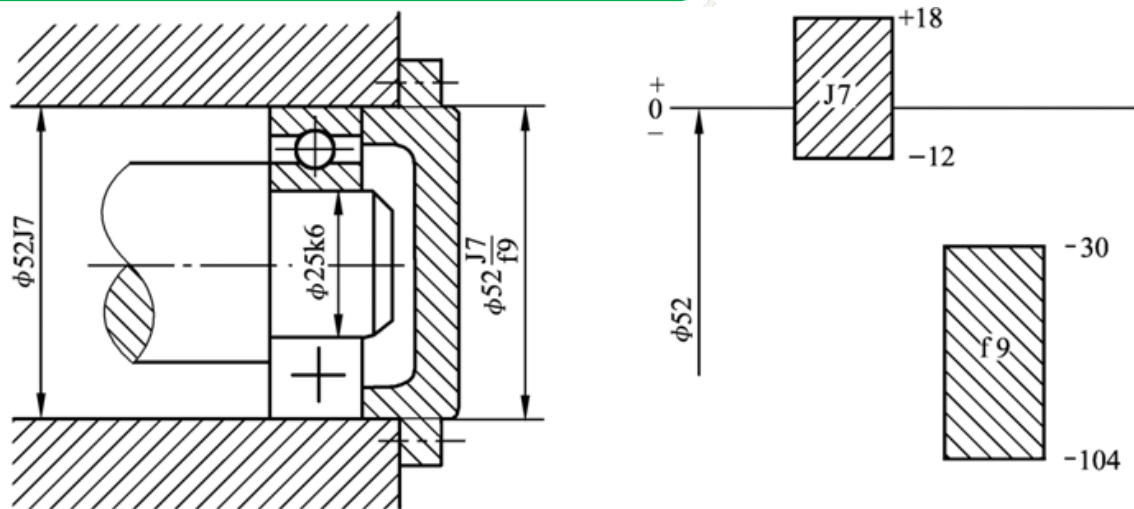
1.5 极限与配合的选用

一、配合制的选择

3 与标准件配合时，应以标准件为基准件来确定配合制

标准件通常由专业工厂大量生产，在制造时其配合部位的配合制已确定。因此，与其配合的轴和孔一定要服从标准件既定的配合制。

4 在特殊需要时可采用非配合制配合



1.5 极限与配合的选用

二、公差等级的选择

选择公差等级的基本原则是:在满足零件使用要求的前提下, 尽量选取较低的公差等级。

1

联系工艺

2

联系配合

3

联系零部件的相关精度要求



1.5 极限与配合的选用

三、配合种类的选择

1 计算法

计算法根据一定的理论和公式，计算出所需的间隙或过盈，对照国家标准选择合适的配合，在实际应用中还要根据实际工作情况进行必要的修正。

3 类比法

类比法参考现有同类机器或类似结构中经生产实践验证过的配合情况，与所设计零件的使用要求相比较，经修正后确定配合。

2

实验法

试验法对选定的配合进行多次试验，根据试验结果，找到最合理的间隙或过盈，从而确定配合。

4

各种配合的特征及应用示例

选择配合种类的主要依据是使用要求和工作条件。首先要确定配合的类别，选定是间隙配合、过渡配合还是过盈配合。



1.5 极限与配合的选用

三、配合种类的选择

5 选择配合种类时应考虑的主要因素

(1)孔和轴的定心精度

(2)受载荷情况

(3)拆装情况

(4)配合件的材料

(5)装配变形

(6)工作温度

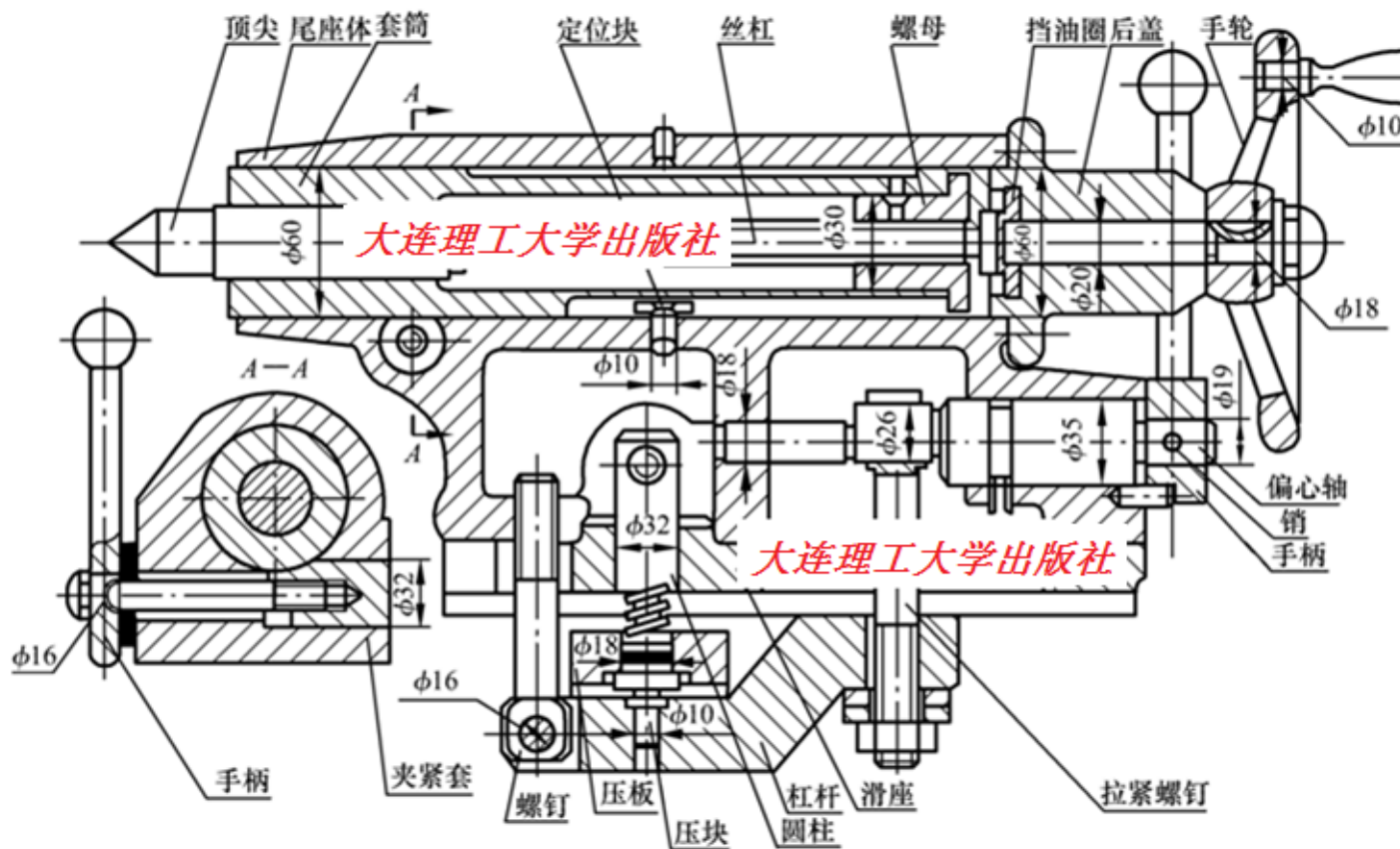
(7)生产类型



1.5 极限与配合的选用

三、配合种类的选择

例 试分析确定如图所示C616车床尾座有关部位的配合。



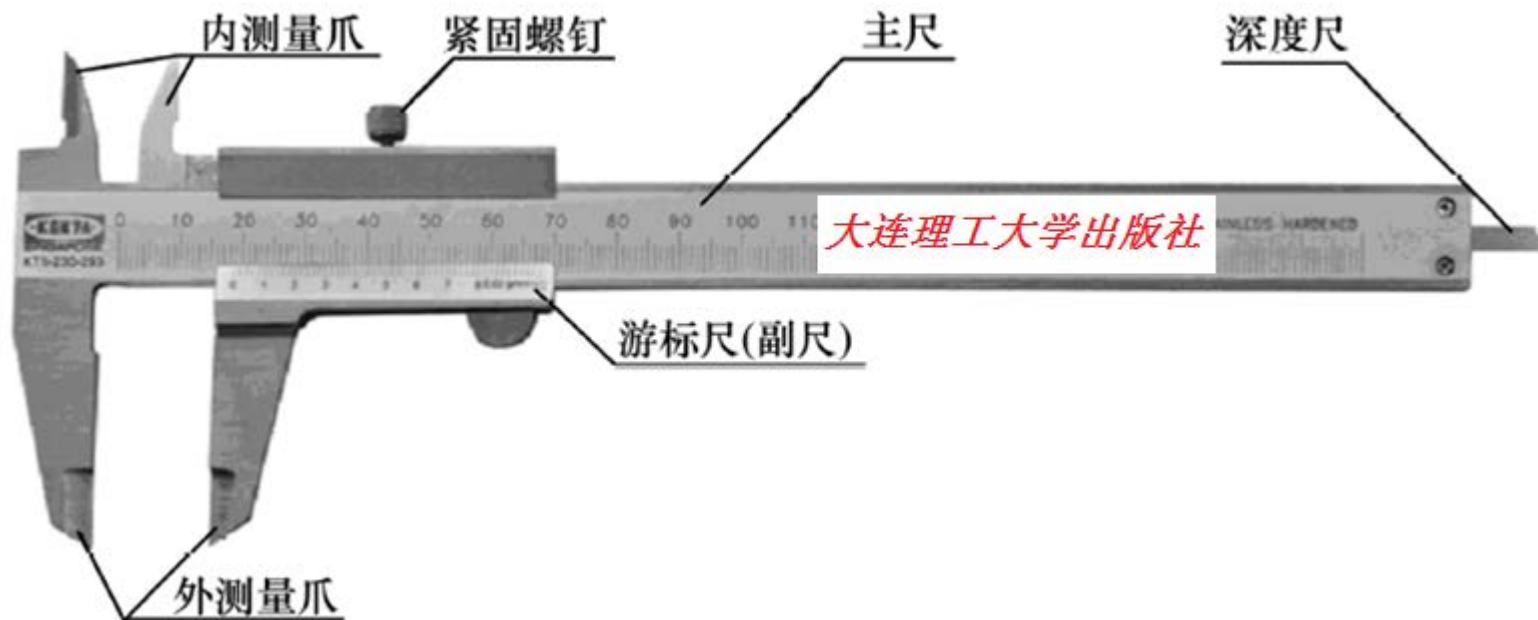
C616车床尾座



技能训练

实训1 用游标卡尺测量零件

1 游标卡尺的组成

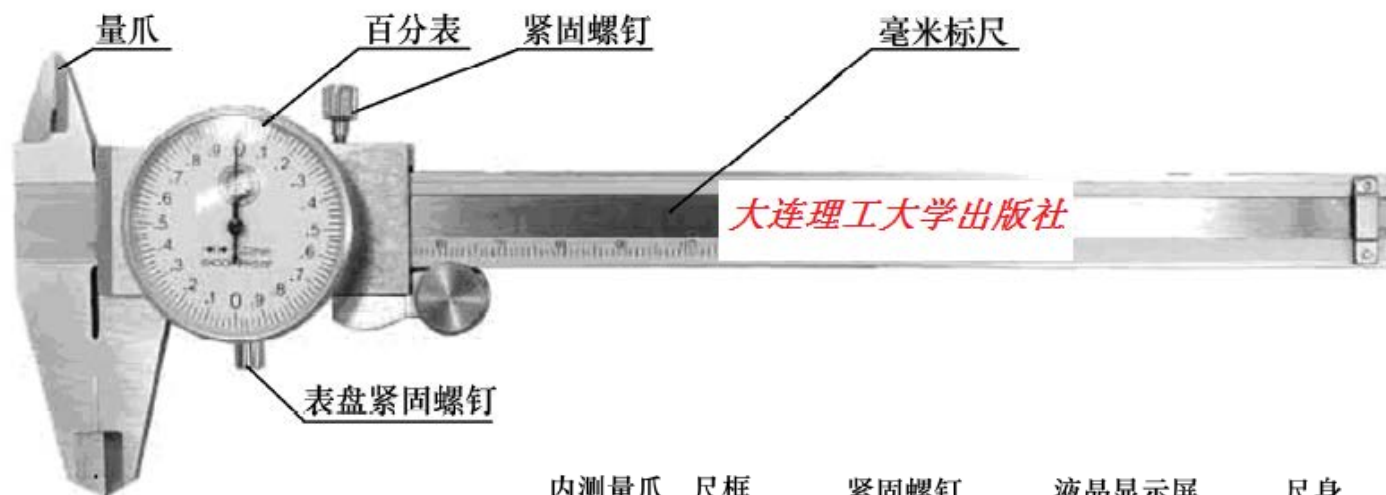


普通游标卡尺



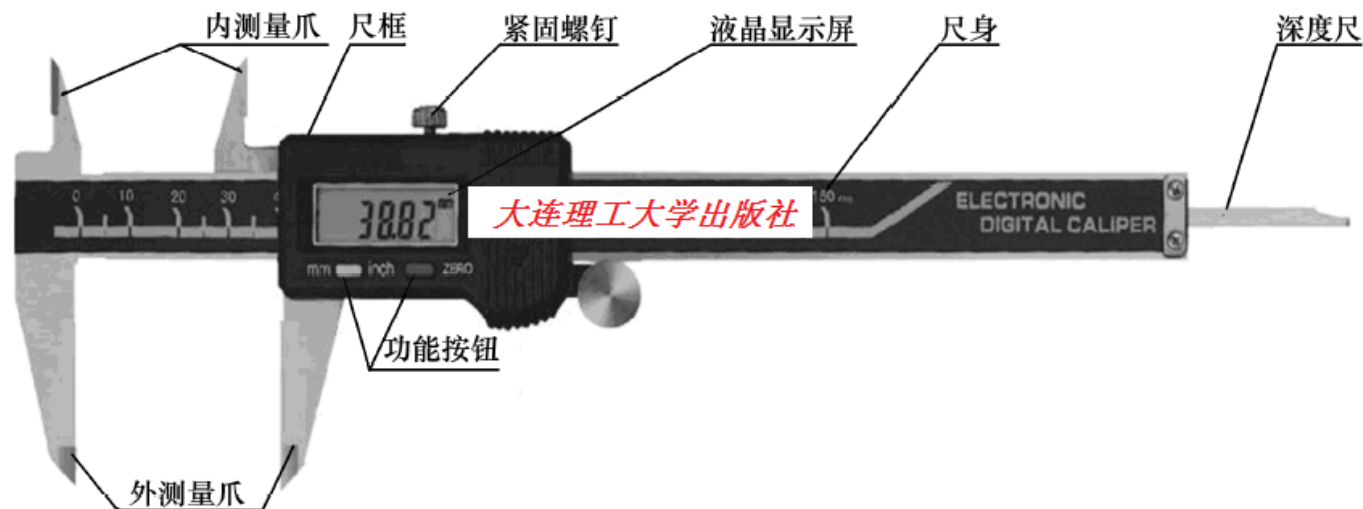
技能训练

实训1 用游标卡尺测量零件



带表游标卡尺

数显游标卡尺

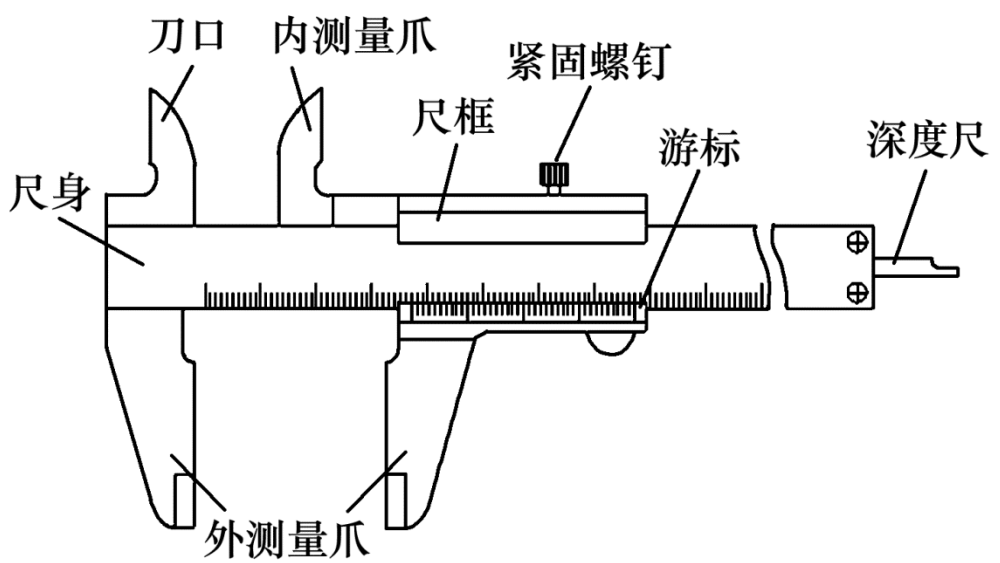


技能训练

实训1 用游标卡尺测量零件

2

游标卡尺的类型

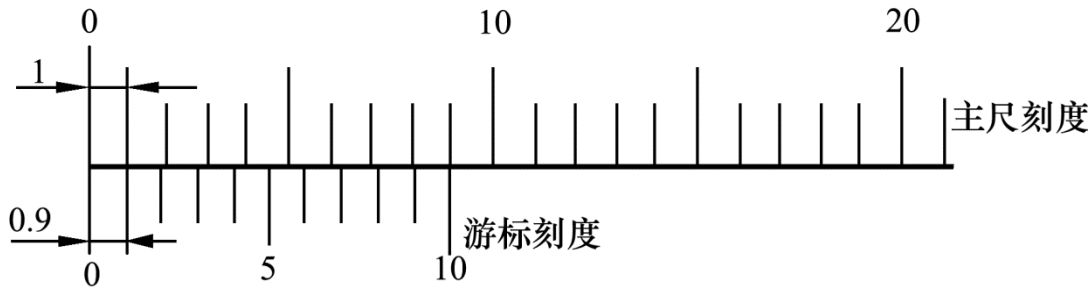
种 类	图 示
三用游标卡尺	 可测量内、外长度尺寸和深度尺寸



技能训练

实训1 用游标卡尺测量零件

3 普通游标卡尺的读数原理和读数方法

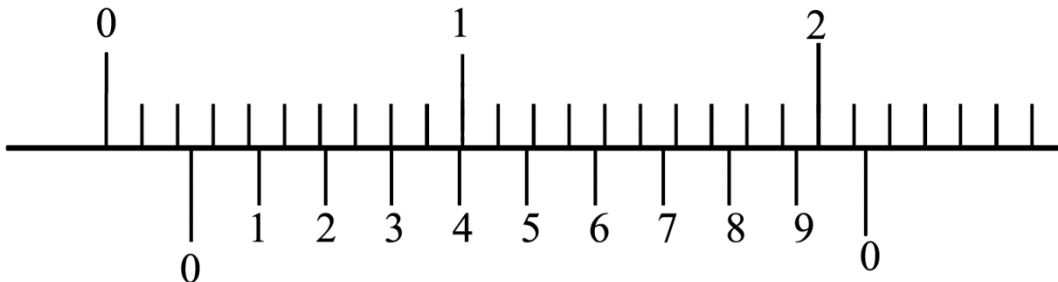
分度值	0.01 mm
图 标	 The diagram shows a vernier caliper scale. The main scale (主尺刻度) has markings at 0, 10, and 20 mm. The vernier scale (游标刻度) has markings at 0, 5, and 10. The vernier scale is offset by 0.1 mm relative to the main scale. The diagram illustrates the principle of the vernier scale, where the vernier scale is offset by 0.1 mm relative to the main scale.
读数原理	游标每格间距为 $9 \div 10 = 0.9$ mm，主尺每格间距与游标每格间距相差 $1 - 0.9 = 0.1$ mm，0.1 mm即此种游标卡尺的最小读数



技能训练

实训 1 用游标卡尺测量零件

3 普通游标卡尺的读数原理和读数方法

分度值	0.01 mm
读数示例	
读数方法	(1)先读整数 (2)再读小数 (3)得出被测尺寸



技能训练

实训1 用游标卡尺测量零件

4 带表游标卡尺及读数原理

带表游标卡尺可测量轴径、宽度、厚度等外尺寸，既可绝对测量也可相对测量。

读数原理：

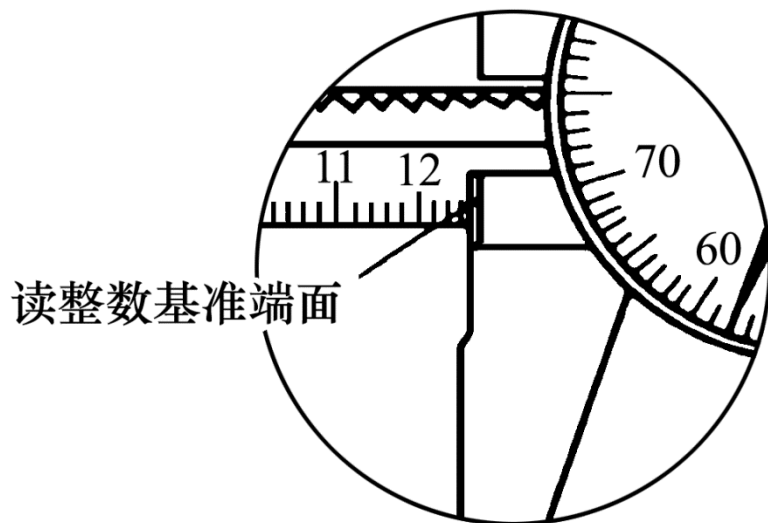
(1)读整数尺身主刻度读取整毫米数。

(2)读小数看表盘指示表读出毫米以下的小数。

下的小数。

(3)求和总的读数为毫米整数加上毫

米小数，和即测量结果。



带表游标卡尺读数示例



技能训练

实训 1 用游标卡尺测量零件

5

测量方法



(a) 校对零位



(b) 测量外径



(c) 测量内径



(d) 测量中心距



(e) 测量深度



(f) 测量长度

大连理工大学出版社

大连理工大学出版社



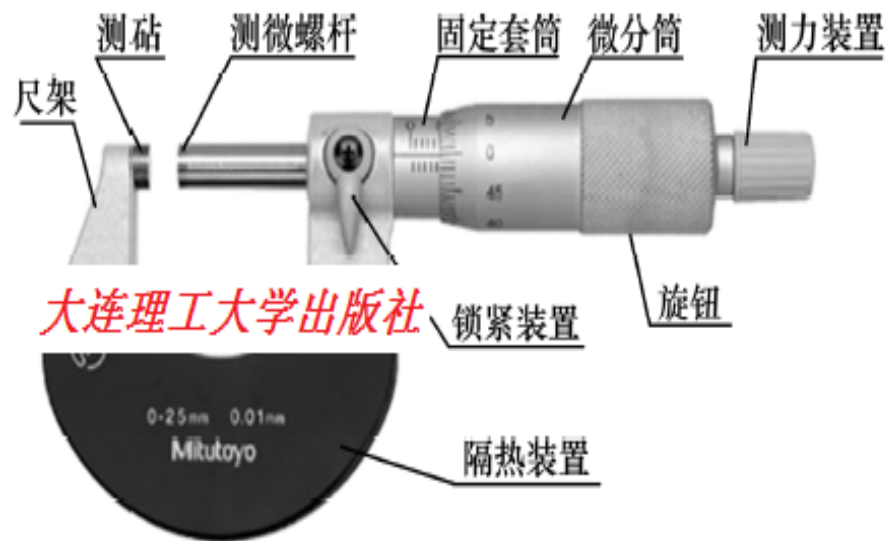
大连理工大学出版社



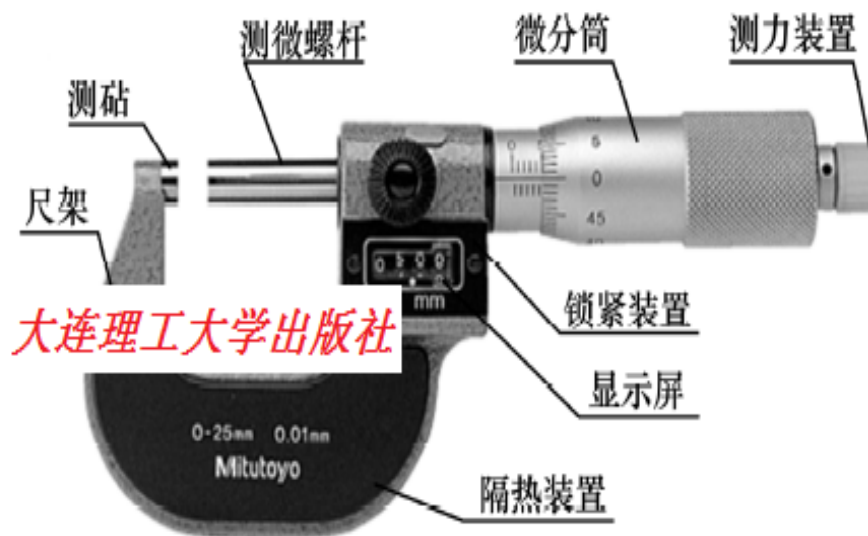
技能训练

实训2 用外径千分尺测量零件

1 外径千分尺的组成



(a)普通外径千分尺



(b)数显外径千分尺

外径千分尺



大连理工大学出版社

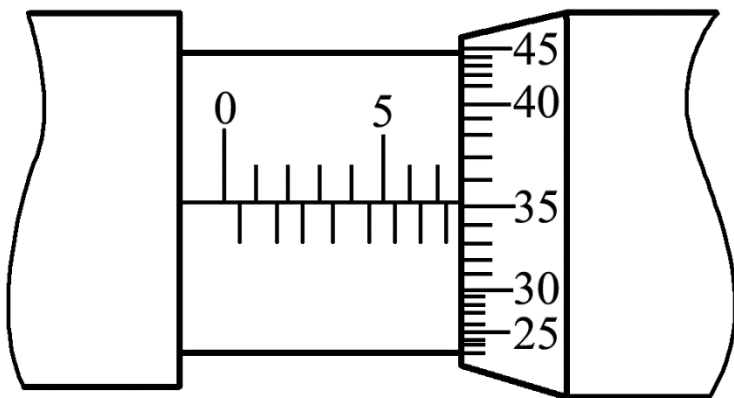


技能训练

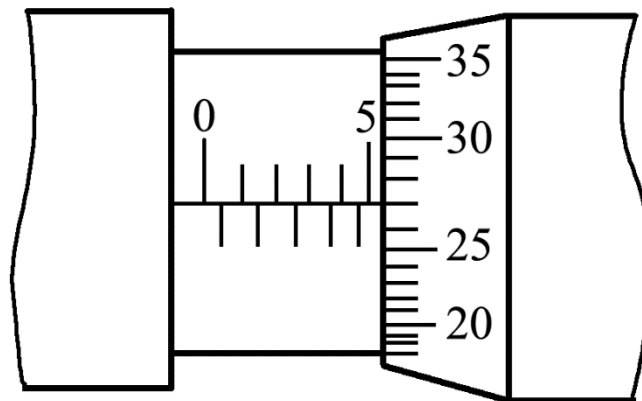
实训2 用外径千分尺测量零件

2 外径千分尺的读数原理及读数方法

如图所示为外径千分尺读数示例。



(a) $7 + 0.5 + 0.01 \times 35 = 7.85$



(b) $5 + 0.01 \times 27 = 5.27$

外径千分尺读数示例



技能训练

实训2 用外径千分尺测量零件

3

测量方法



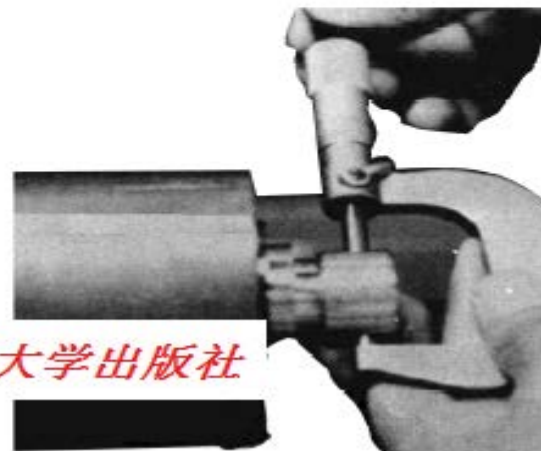
(a) 校对零位



(b) 在平板上双手测量零件外径



(c) 单手测量零件长度



(d) 在车床上测量零件

大连理工大学出版社

大连理工大学出版社



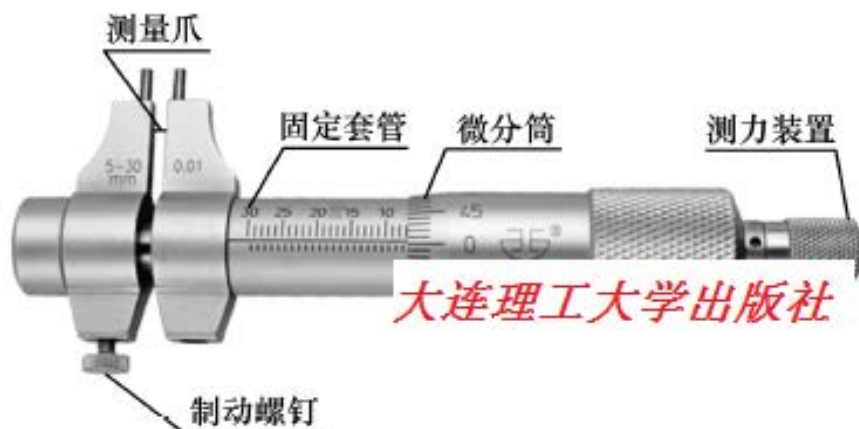
大连理工大学出版社



技能训练

实训3 用内径千分尺测量零件

1 内径千分尺的组成及原理



技能训练

实训3 用内径千分尺测量零件

3

测量方法



大连理工大学出版社



大连理工大学出版社

