

中华人民共和国教育部直属出版社



[www.ywcbs.com](http://www.ywcbs.com)

# 机械类专业知识考点精讲

# 目录

-  01 ----- **模块一 机械制图与机械识图**
-  02 ----- **模块二 机械基础**
-  03 ----- **模块三 极限配合与技术测量**
-  04 ----- **模块四 机械加工工艺基础**
-  05 ----- **模块五 车工工艺与钳工工艺**



## 模块三 极限配合与技术测量

Bubble  
tea

# 第一部分 极限与配合

- 1 识记内容:极限与配合的术语、定义和相关标准。
- 2 理解内容:基准制、配合、公差等级及配合的分类。
- 3 运用内容:极限尺寸、偏差、公差的简单计算和配合性质的判断。



## 一、互换性

### 1 互换性分类

(1)完全互换:指零件在装配和更换时,不需挑选、修配或调整的互换,适用于成批大量生产的标准化零部件,如螺纹紧固件、滚动轴承等。

(2)有限互换(不完全互换):指零件在装配和更换时,允许有附加选择或调整,可采用分组装配法、调整法等工艺措施来实现。

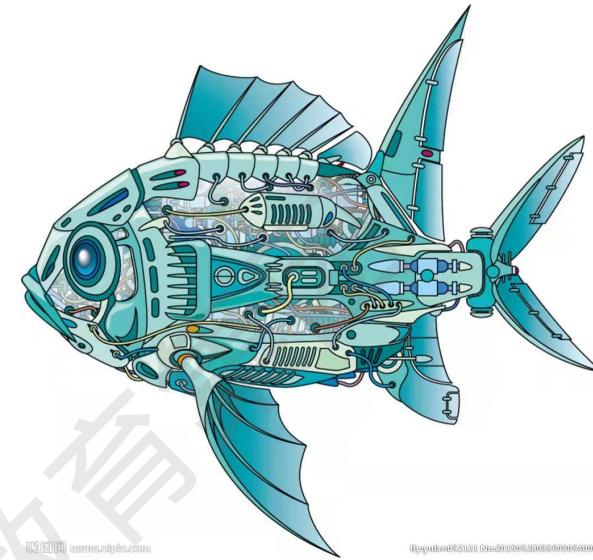


## 一、互换性

### 2

### 互换性的作用

互换性有利于最大限度地采用通用件和标准件，简化设计，缩短设计周期；有利于组织优质、高效的专业化生产，以提高生产率；有利于机器的维修，减少维修时间与成本，延长机器寿命。



图源: www.ipic.com

By yuhuashiliu No.201006200226956000

## 一、互换性

### 3 标 准 化

标准化是指制定和贯彻技术标准，进而完善标准，对标准实施进行监督，以促进经济发展的整个过程。标准和标准化是实现互换性生产的主要途径和手段，是实现互换性的基础。技术标准:对产品和工程的质量、规格及检验方面所作的技术规定。

### 4 机械零件的精度

机械零件的精度包括尺寸精度、几何精度、表面粗糙度等。

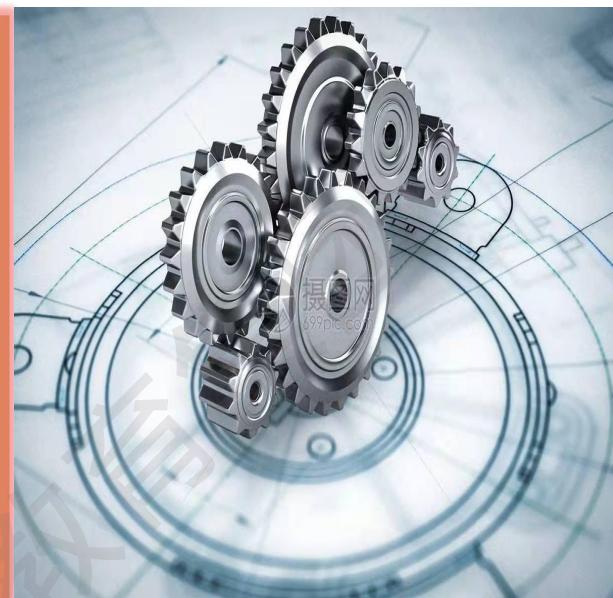
## 二、基本术语

### 1 孔 和 轴

孔:圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面。

轴:圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面。

规定:孔、轴相关的代号,孔的代号用大写字母表示,轴的代号用小写字母表示。



## 二、基本术语

### 2 尺寸(线性尺寸)

(1) 基本尺寸(公称尺寸、设计尺寸):设计给定的尺寸,可以是整数或小数,用  $L$  ( $l$ ) 表示孔(轴)。

(2) 实际尺寸:通过实际测量所得的尺寸,用  $L_a$  ( $l_a$ ) 表示。实际尺寸并非尺寸真实值。

(3) 极限尺寸:允许尺寸变化的两个界限值。

① 基本尺寸与极限尺寸都是设计给定的,基本尺寸可能在极限尺寸范围内,也可能在极限尺寸范围外。

② 实际尺寸的合格条件:孔,  $L_{min} \leq L_a \leq L_{max}$ ; 轴,  $l_{min} \leq l_a \leq l_{max}$ 。

## 二、基本术语

### 3 尺寸偏差(简称偏差)

(1) 实际偏差( $E_a$ 、 $e_a$ ): 实际尺寸减去公称尺寸所得的代数差。

孔:  $E_a = L_a - L$ ; 轴:  $e_a = l_a - l$ 。

(2) 极限偏差: 极限尺寸减去公称尺寸所得的代数差。

上极限偏差( $E_S$ 、 $e_S$ ): 上极限尺寸减去公称尺寸所得的代数差。

$E_S = L_{max} - L$

下极限偏差( $E_I$ 、 $e_I$ ): 下极限尺寸减去公称尺寸所得的代数差。

$E_I = L_{min} - L$

① 偏差可以为正值、负值或零值。除零偏差外, 偏差前面应加上正、负号。

② 标注偏差时, 零偏差也要标。

③ 尺寸合格判断: 尺寸的实际偏差必须在极限偏差范围内。

## 二、基本术语

### 4 公差( $T_H$ 、 $T_S$ )

尺寸公差(简称公差)是允许尺寸的变动量, 等于上极限尺寸减去下极限尺寸, 或上极限偏差减去下极限偏差。

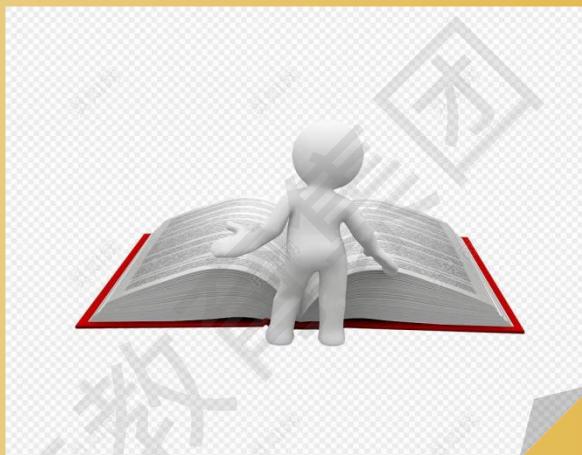
$$T_H = L_{\max} - L_{\min} = E_S - E_I$$

$$T_S = I_{\max} - I_{\min} = e_S - e_I$$

①公差的设置目的是限制尺寸误差。

②公差值不能为零值和负值。

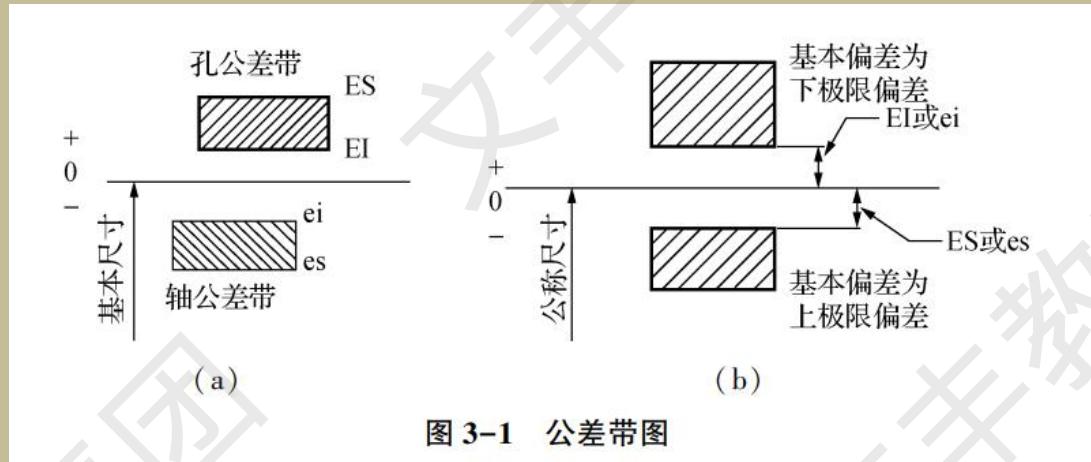
③公差值的大小反映了零件精度高低及加工的难易程度。



## 二、基本术语

### 5 公差带图与公差带

(1) 公差带图:按规定将孔、轴有关公差部分放大画出的图形。如图 3-1(a)所示。零线:公差带图表示公称尺寸或零偏差的一条直线,是确定偏差正、负的一条基准线。



## 二、基本术语

### 5 公差带图与公差带

(2)公差带:代表两极限偏差或两极限尺寸所限定的一个区域,反映公称尺寸、极限偏差和公差之间的关系。

①公差带形状:两平行线间区域。

②公差带由两个要素组成:公差带大小(垂直于零线方向的宽度),

由标准公差确定。公差带位置(相对于零线的位置),由基本偏差确定。



红动中国 Redcon.com

### 三、极 限 制

国标《极限与配合》分别规定了标准公差系列与基本偏差系列。这种经标准化的公差与偏差制度称为极限制。这两种制度结合之后，可构成不同孔、轴的公差带。

#### 1 标准公差

(1)含义:《极限与配合》标准中规定的用以确定公差带大小的任一值都是由基本尺寸与公差等级决定的。

(2)标准公差等级及代号规定如下。

标准公差符号:IT。

公差等级:GB/T 1800.1—2020 规定了 20 个公差等级，精度由高到低依次用阿拉伯数字 01, 0, 1, ……, 18 表示。

标准公差代号:由标准公差符号与公差等级数字组成，分别为 IT01, IT0, IT1, ……, IT18。其中，IT01~IT11 为配合等级，IT12~IT18 为非配合等级。

### 三、极限制

2

#### 基本偏差

(1)含义:在标准的极限与配合制中,确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差,一般指靠近零线那个偏差,如图 3 - 1 (b)所示。

(2)代号规定:孔、轴各 28 种,用一个或两个拉丁字母表示。

大写字母表示孔,小写字母表示轴。

①孔代号为 A ~ H 的基本偏差为下偏差;轴代号为 a ~ h 的基本偏差为上偏差。

②H 和 h 基本偏差为零。

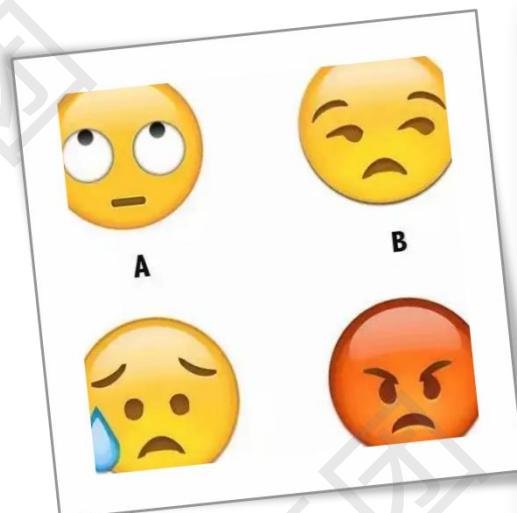
③J S (j s)公差对称零线公布,其基本偏差为  $IT/2$ 。



### 三、极限制

#### 3 公差带代号及标注

代号组成:由基本偏差代号(字母)与公差等级代号(数字)组成。如  $\phi 50H8$  中的“H8”为孔  $\phi 50$  的公差带代号。



①标注极限偏差,如  $\phi 30^{-0.020}_{-0.041}$  适用于单件小批量生产。

②标注公差带代号,如  $\phi 30f7$ ,适用于大量及需表示装配关系的生产。

③同时标注极限偏差与公差带代号,如  $\phi 30f7(-0.020_{-0.041})$

) 可在生产目标不明确时使用。

### 三、极限制

#### 4 线性尺寸的未注公差



线性尺寸的未注公差指图样中未注公差的尺寸。

图样中未标注公差的尺寸有公差要求，主要用于低精度非配合尺寸，正常情况下一般不检验。生产中常将其称为“自由尺寸”或“一般公差”。

GB/T 1804—2000 对一般公差规定了 4 个未注公差等级：f (精密级)、m(中等级)、c(粗糙级)、v(最粗级)。

## 四、配合精度

### 1 配合相关术语及其种类

#### (1) 术语

配合:基本尺寸相同,相互结合孔和轴公差带之间的关系。

间隙( $X$ ):孔的尺寸减去相配合轴的尺寸之差为正值时,称为间隙。

过盈( $Y$ ):孔的尺寸减去相配合轴的尺寸之差为负值时,称为过盈。

配合公差( $T_f$ ):允许间隙或过盈的变动量,等于组成配合孔、轴公差之和。

极限间隙或过盈:最大和最小间隙或过盈,反映了配合精度。



## 四、配合精度

### 1 配合相关术语及其种类

#### (2) 配合类型

配合公差带指配合的两极限间隙或过盈值所限定的一个区域，其大小由配合公差值决定，其位置由配合的极限间隙或过盈值确定。配合类型见表 3 - 1。

表 3-1 配合类型

| 类型               | 间隙配合  | 过盈配合  | 过渡配合  |
|------------------|---|---|---|
| 定义               | 具有间隙(包括 $X_{\min}=0$ )的配合   | 具有过盈(包括 $Y_{\min}=0$ )的配合   | 可能具有间隙或过盈的配合  |
| 孔、轴公差带关系         | 孔的公差带位于轴的公差带上方  | 轴的公差带位于孔的公差带上方  | 孔、轴公差带相互交叠  |
| 极限间隙或<br>极限过盈    | 极限值为 $X_{\max}, X_{\min}$<br>$X_{\max}=L_{\max}-l_{\min}=ES-ei$<br>$X_{\min}=L_{\min}-l_{\max}=EI-es$ | 极限值为 $Y_{\max}, Y_{\min}$<br>$Y_{\max}=L_{\min}-l_{\max}=EI-es$<br>$Y_{\min}=L_{\max}-l_{\min}=ES-ei$ | 极限值为 $X_{\max}, Y_{\max}$<br>$X_{\max}=L_{\max}-l_{\min}=ES-ei$<br>$Y_{\max}=L_{\min}-l_{\max}=EI-es$ |
| 配合公差             | $T_f=X_{\max}-X_{\min}=T_h+T_s$   | $T_f= Y_{\max}-Y_{\min} =T_H+T_S$   | $T_f=X_{\max}-Y_{\max}=T_H+T_S$   |
| 类型判断<br>(配合性质判断) | $es \leqslant EI$   | $ES \leqslant ei$   | $es \leqslant EI$<br>都不满足，<br>$ES \leqslant ei$   |
| 应用               | 用于孔、轴活动连接   | 用于孔、轴紧固连接不允许有相对转动   | 用于孔、轴定位连接   |

## 四、配合精度

### 2 配合制

#### (1) 两种配合制度

① 基孔制:由基本偏差为一定的孔的公差带与不同基本偏差轴公差带形成各种配合的一种制度。

基孔制配合中孔称为基准孔, 基本偏差代号为  $H$ , 基本偏差为下偏差,  $EI = 0$ , 公差带在零线上方。

② 基轴制:由基本偏差为一定的轴的公差带与不同基本偏差孔公差带形成各种配合的一种制度。

基轴制配合中轴称为基准轴, 基本偏差代号为  $h$ , 基本偏差为上偏差,  $es = 0$ , 公差带在零线下方。

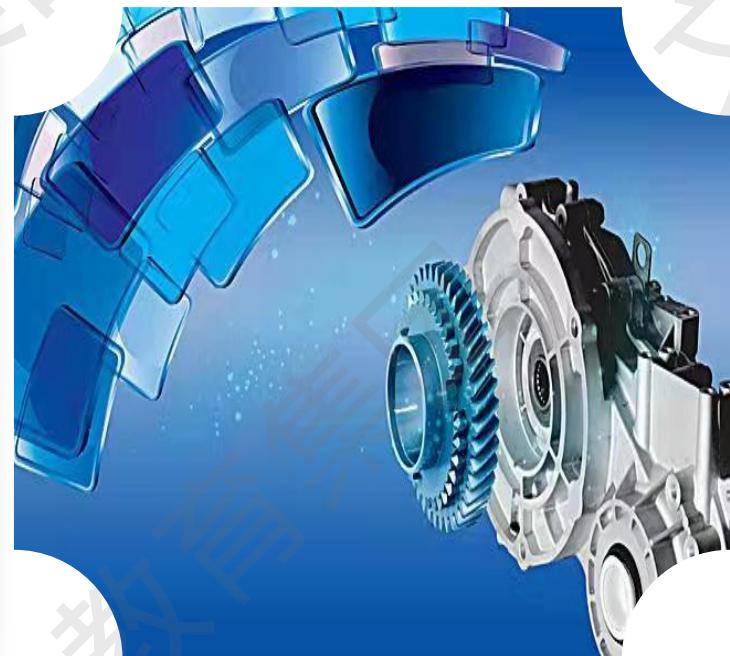
## 四、配合精度

### 2 配合制

#### (2) 优先、常用配合

国标对孔、轴公差带的选用分优先、其次、最后三类(旧标准为优先、常用、一般三类)，前两类合称为常用配合

。孔、轴优先及常用公差带分别组成基孔制、基轴制优先、常用配合。



## 四、配合精度

### 3 配合代号及标注

#### (1) 代号组成

配合代号一般采用分式形式,即“孔公差带代号/轴公差带代号”。

例:  $\phi 50 \frac{H7}{g6}$  公称尺寸为  $\phi 50\text{mm}$ , 孔公差带代号为  $H7$ , 轴公差带代号为  $g6$ , 基孔制间隙配合。

注: ①分子  $H$  表示基孔制; 分母  $h$  表示基轴制; 分子为  $H$ , 分母为  $h$ , 如  $\phi 50 \frac{H7}{h6}$ , 可解释为基孔制、基轴制或基准件配合。代号中既无  $H$ , 又无  $h$  时, 称为无基准件配合。

②基准制常用配合, 可根据与基准孔(基准轴)配合的轴(孔)的基本偏差代号判断配合类型:

$A(a)-H(h)$  为间隙配合;

$J(j)-N(n)$  为过渡配合;

$P(p)-ZC(zc)$  为过盈配合。

## 四、配合精度

### 3 配合代号及标注

#### (2) 标注

①标注极限偏差如下所示:

$$\begin{array}{c} \phi 50^{+0.039} \\ \hline 0 \\ \hline \phi 50^{-0.025} \\ \hline -0.050 \end{array}$$

②标准公差带代号为  $\phi 50 \frac{H8}{f7}$ 。在装配图中,只需在公称尺寸后标注代号。

## 五、公差等级与基准制选用

### 1 标准公差等级选择原则

(1) 满足使用前提下, 优先选用低精度等级。

(2) 尽量遵守工艺等价原则。

同级孔比轴加工困难, 为使相配合孔、轴工艺等价, 当公称尺寸小于 500mm, 标准公差不大于 IT8 时, 孔比轴低一级配合, 如  $\phi 50 \frac{H7}{h6}$ 。

当大于 IT8(少数等于 IT8), 或公称尺寸大于 500mm 时, 孔、轴同级配合, 如  $\phi 50 \frac{H9}{h9}$ 。

与标准件配合的零件, 其公差等级由标准件精度要求决定。

## 五、公差等级与基准制选用

### 2 基准制的选用

对于基准制，应优先选用基孔制，同精度孔的加工比轴困难。

在下列情况下，应优先选用基轴制：

- ①与标准件配合时，基准制按标准件选用，如滚动轴承外圈与座孔配合选基轴制。
- ②同一轴上装不同配合零件时，应采用基轴制。
- ③在满足特殊要求时，允许混合配合。



## 第二部分 几何公差

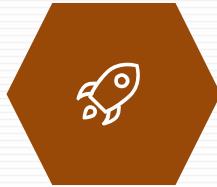
Bubble  
tea

- 1 识记内容:几何公差的项目、分类、符号或代号、标注。
- 2 理解内容:几何公差及公差带的含义。



## 一、基本概念

### 1 几何要素



**(1)按存在状态分类，几何要素可分为公称要素和实际要素。**

**公称(理想)要素:**没有任何误差的要素。

**实际要素:**零件上实际存在的要素，通常用测得的要素代替。



**(2)按在几何公差中所处地位分类，几何要素可分为被测要素和基准要素。**

**①被测要素:**图样上给出的几何公差要求的要素，是检测的对象。

**单一要素:**仅有形状公差要求的要素。

**关联要素:**对其他要素有功能关系，而给出方向、位置或跳动公差的要素。

**②基准要素:**用来确定被测要素方向或(和)位置的要素，在图样上标有基准代号。

## 一、基本概念

### 1 几何要素

(3)按几何特征分类,几何要素可分为组成要素和导出要素。组成要素(轮廓要素):构成零件外形的点、线、面各要素。

导出要素(中心要素):轮廓要素对称中心所表示的点、线、面各要素,如球心、轴线、中心平面等。

### 2 几何误差与几何公差

几何误差:被测要素相对于理想要素的变动量。

几何公差:被测要素相对于理想要素(基准)允许的变动全量。

## 二、几何公差项目

1

# 几何公差项目类别、几何特征及符号(表 3—2)

表 3-2 几何公差项目特征代号

| 公差类型             |    | 几何特征 | 符号 | 有无<br>基准要求 | 公差类型             |    | 几何特征       | 符号 | 有无<br>基准要求 |
|------------------|----|------|----|------------|------------------|----|------------|----|------------|
| 形状               | —  | 直线度  | —  | 无          | 方向               | 方向 | 平行度        | // | 有          |
|                  |    | 平面度  | □  | 无          |                  |    | 垂直度        | ⊥  | 有          |
|                  |    | 圆度   | ○  | 无          |                  |    | 倾斜度        | ∠  | 有          |
|                  |    | 圆柱度  | ◎  | 无          | 方向、<br>位置、<br>跳动 | 位置 | 位置度        | ○○ | 有或无        |
| 形状、<br>方向<br>或位置 | 轮廓 | 线轮廓度 | ⌒  | 有或无        |                  |    | 同轴度<br>同心度 | ◎  | 有          |
|                  |    | 面轮廓度 | ⌒  | 有或无        |                  |    | 对称度        | —  | 有          |
|                  |    |      |    |            |                  |    | 圆跳动        | /  | 有          |
|                  |    |      |    |            |                  |    | 全跳动        | ↙  | 有          |

## 二、几何公差项目

### 2 附加符号(表 3—2)



表 3-3 附加符号

| 说明            | 符号 | 说明                | 符号  |
|---------------|----|-------------------|-----|
| 被测要素的标注<br>直接 |    | 最大实体要求            | (M) |
|               |    | 最小实体要求            | (L) |
| 基准要素的标注       |    | 可逆要求              | (R) |
| 基准目标的标注       |    | 延伸公差带             | (P) |
| 理论正确尺寸        |    | 自由状态条件<br>(非刚性零件) | (F) |
| 包容要求          |    | 全周(轮廓)            |     |

注: \* ISO 的基准代号。

### 三、几何公差带

#### 1 几何公差带



几何公差带是由一个或几个理想的几何线或面所限定的由线性公差值表示其大小的区域。

#### 2 几何公差带要素



##### (1)方向和位置

几何公差带的方向和位置有两种情况:固定公差带和浮动公差带。一般标有基准(或理论正确尺寸)的几何公差带方向和位置由基准(或理论正确尺寸)确定,是固定的;如未标出其公差带方向和位置,则是浮动的。

##### (2)大 小

几何公差带的大小由几何公差值确定,指公差带的宽度、直径或半径。

### 三、几何公差带



#### 2 几何公差带要素

##### (3) 形 状

几何公差带的形状由被测要素的理想状态和给定的公差特征项目确定。常见的公差带形状有圆、两同心圆、两等距离曲线、两平行线、两等距离曲面、两平行平面、一个圆柱、两同轴圆柱面、球、一段圆锥面、一段圆柱面等。



## 四、几何公差标注



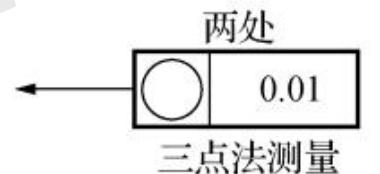
### 1 标注形式

几何公差采用框格形式标注<sup>①</sup> 为两格或多格<sup>②</sup> 框格内由左到右(垂直布置由上到下)依次填写如下内容:几何特征符号、公差值、基准使用字母有关符号。

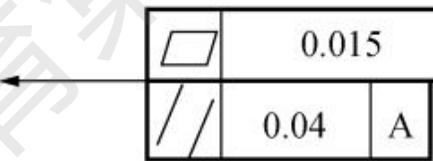
- ①公差值的单位为 mm。公差带为圆或圆柱时<sup>③</sup> 公差值前面加“ $\phi$ ”；公差带为球时，公差值前加“ $S\phi$ ”。
- ②基准为一个字母时，表示单一基准，如图 3-2(b)所示；基准为几个字母，表示基准体系(字母按优先顺序依次填写)，如图 3-2(d)所示；或表示公共基准(字母中间加连线)，如图 3-2(c)所示。
- ③附加说明标注:数量说明标在框格上方，解释性说明标在框格下方，如图 3-2(a)所示。
- ④框格与被测要素用带箭头指引线连接(指引线允许弯折但不超过两次)，指引线垂直于框格引出，箭头垂直指向被测要素，框格与指引线用细实线画出。

## 四、几何公差标注

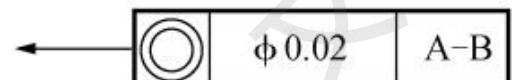
### 1 标注形式



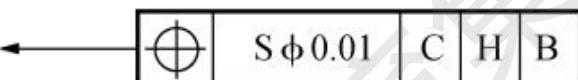
(a)



(b)



(c)



(d)

图 3-2 几何公差标注形式

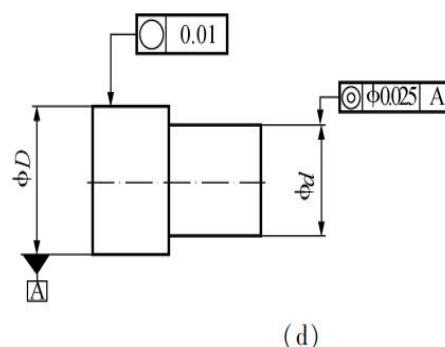
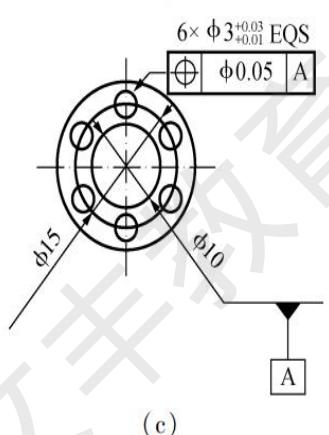
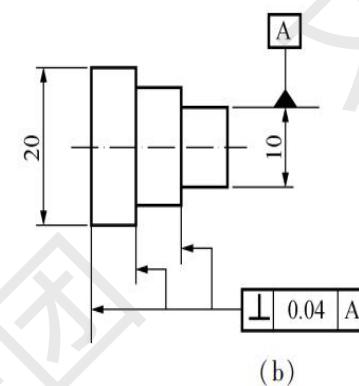
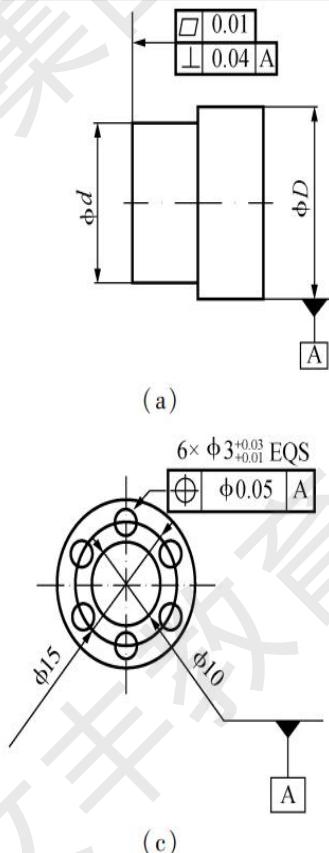
## 四、几何公差标注



### 2 被测要素标注方法

某个被测要素有多项公差要求时，应采用多个框格共画一条指引线，即“多框共线”形式标注，如图 3-3(a)所示；不同被测要素有相同公差要求时，应采用一个框格多画几个箭头，即“多线共框”形式标注，如图 3-3(b)所示。当多个尺寸与形状相同被测要素有同一项目公差要求时，可只标注一个，再在框格上方标注要素的数量，如图 3-3(c)所示。

被测要素为轮廓要素时，箭头指向该要素轮廓或其延长线，应与尺寸线错开；被测要素为中心要素时，箭头指向应与相应尺寸线对齐，如图 3-3(d)所示。



## 四、几何公差标注



### 3 基准要素标注方法

基准要素为轮廓要素时，基准代号应放在轮廓线或轮廓线延长线上，与尺寸线错开；基准要素为中心要素时，基准代号与尺寸线对齐，如图 3-3(d)、(e)所示。



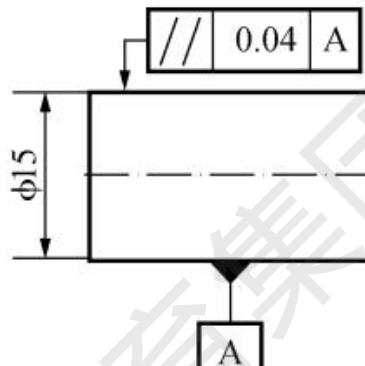
①基准代号中的字母一律水平书写。



②相关附加标记符号参照表 3-3。



③螺纹未另加说明时，默认为中径圆柱轴线，否则应加注说明。



(e)

图 3-3 被测要素与基准要标注方法

## 五、各类几何公差之间的关系



如果功能需要，可以规定一种或多种几何特征的公差以限定要素的几何误差。限定要素某种类型几何误差的几何公差，也能限制该要素其他类型的几何误差。

①要素的位置公差可同时控制该要素的方向误差和形状误差。

②要素的方向公差可同时控制该要素的方向误差和形状误差。

③要素的形状公差只能控制该要素的形状误差。

## 六、几何公差与尺寸公差的关系



尺寸公差与几何公差是控制零件几何精度的两类不同性质的公差，一般情况下彼此独立，但零件的实际形状是综合了尺寸误差和几何误差的结果，尺寸公差与几何公差在一定条件下可以互相补偿。

公差原则:处理尺寸公差与几何公差相应关系的一些规定。

公差原则分为独立原则和相关要求，相关要求如下:

包容要求⑥  
最大实体要求⑩  
最小实体要求⑪  
可逆要求⑫

可逆要求应用于最大实体⑩⑪  
可逆要求应用于最小实体⑪⑫

## 六、几何公差与尺寸公差的关系

1

### 相关术语



(1)局部实际尺寸(简称实际尺寸)

局部实际尺寸是在实际要素的任意正截面上，两对应点之间测得的距离。

(2)最大实体状态与最大实体尺寸

最大实体状态:实际要素在尺寸公差范围内，具有最大实体(材料最多)的状态。

最大实体尺寸:实际要素在最大实体状态下的极限尺寸。

孔:  $D_M = D_{min}$  轴:  $d_m = d_{max}$

## 六、几何公差与尺寸公差的关系

### 1 相关术语



#### (3) 最小实体状态与最小实体尺寸

**最小实体状态:**实际要素在尺寸公差范围内,具有最小实体(材料最少)的状态。

**最小实体尺寸:**实际要素在最小实体状态下的极限尺寸。

孔:  $D_L = D_{max}$  轴:  $d_L = d_{min}$



#### (4) 实效状态与实效尺寸

**最大(小)实体实效状态:**由图样上给定的被测要素最大(小)实体尺寸和该要素的中心要素的几何公差所形成的极限边界,该极限边界具有理想形状。

**最大(小)实体实效尺寸:**实际要素在实效状态下的尺寸。

**最大实体失效尺寸**( $D_{MV}$ 、 $d_{MV}$ )计算公式如下:

$$D_{MV} = D_M - t = D_{min} - t \quad d_{MV} = d_m + t = d_{max} + t$$

**最小实体失效尺寸**( $D_{LV}$ 、 $d_{LV}$ )计算公式如下:

$$D_{LV} = D_L + t = D_{max} + t \quad d_{LV} = d_L - t = d_{min} - t$$



## 六、几何公差与尺寸公差的关系

### 1 相关术语



#### (5) 边界

边界是指设计给定的具有理想形状的极限包容面，边界的尺寸为极限包容面的直径或距离。

**最大实体边界**:尺寸为最大实体尺寸的边界。

**最小实体边界**:尺寸为最小实体尺寸的边界。

**实体实效边界**:尺寸为实体实效尺寸的边界。



## 六、几何公差与尺寸公差的关系

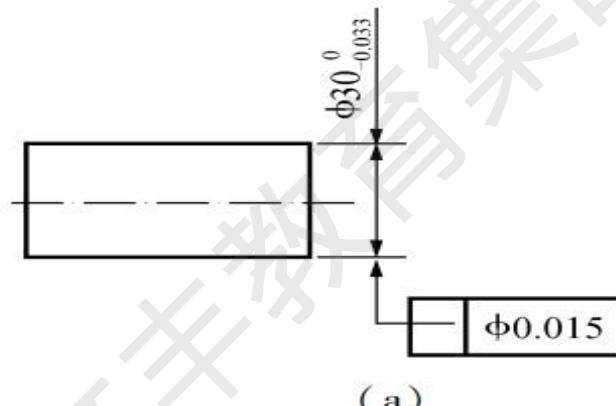
### 2 独立原则



图样上给定的每一项尺寸和几何公差均是独立的，应分别满足各自的要求。

标注：尺寸、几何公差分别标注，不加注任何符号表示其关系，如图 3-4(a) 所示。

应用：非配合件，或几何精度要求严格，而对尺寸精度要求相对较低的场合。



(a)

## 六、几何公差与尺寸公差的关系

### 3 包容要求



实际要素应遵循最大实体边界，其局部实际尺寸不得超出最小实体尺寸，是一种使实际要素处处位于理想包容面之内的公差要求，即当实际尺寸等于最大实体尺寸时，不允许有形状误差，当实际尺寸偏离最大实体尺寸(不得超出最小实体尺寸)时，允许有误差，偏离多少，允许的误差就有多少，最大偏离量等于尺寸公差值。

边界尺寸:等于最大实体尺寸。

标注:在尺寸极限偏差或公差带代号之后，标注符号“ $\textcircled{E}$ ”。

如图 3-4(b)所示。

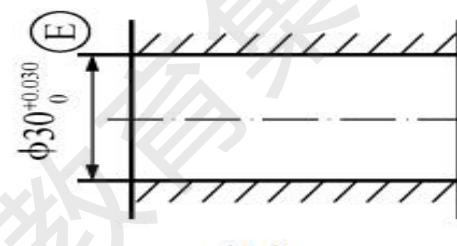


图 3-4 公差原则图例

## 六、几何公差与尺寸公差的关系

### 4 最大实体要求

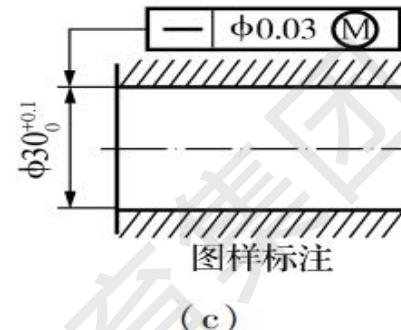


遵守最大实体实效边界，即几何公差在最大实体状态下给定，当实际尺寸偏离最大实体尺寸时，几何公差可以增大，最大增大量为该要素的尺寸公差值。

边界尺寸:等于最大实体实效尺寸。

标注:在公差框格中，标注符号“ $\text{M}$ ”，  
如图 3-4(c)所示。

应用:多用于要求可装配性的零件(无配合精度要求)。



## 六、几何公差与尺寸公差的关系

### 5 最小实体要求



遵守最小实体实效边界。边界尺寸:等于最小实体实效尺寸。

标注:在公差框格中, 标注符号“ ”。应用:多用于保证零件强度要求的场合, 一定条件下扩大几何公差, 提高合格率。



## 六、几何公差与尺寸公差的关系

### 6 可逆要求



中心要素小于给定几何公差时，允许在满足功能要求的前提下，扩大尺寸公差，标注符号“ $(R)$ ”。可逆要求通常与最大、最小实体要求一起应用，可以实现尺寸公差与几何公差相互补偿关系(包容要求，最大、最小实体要求都是尺寸公差补偿几何公差)，标注时，要标或 $\circ$ 。



### 第三部分 表面粗糙度

Bubble  
tea

识记内容:表面粗糙度的符号、代号、注法、意义。



## 一、表面结构表示法

### 1 表面粗糙度评定

#### (1) 名词术语

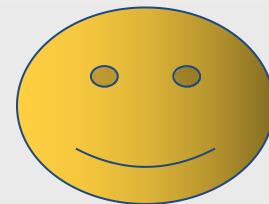
实际轮廓:空间理想平面与实际表面相交所得的交线。

取样长度:用于判别具有表面粗糙度特征的一段基准线长度。一个取样长度包括的峰和谷不少于 5 个。基准线是评定表面粗糙度参数给定的线。

评定长度:评定轮廓必须的一段长度,包括一个或几个取样长度,默认 5 个取样长度时大标注。

#### (2) 表面粗糙度主要评定参数

轮廓算术平均偏差:在取样长度内,轮廓偏距绝对值的算术平均值,用  $R_a$  表示,优先采用该参数。

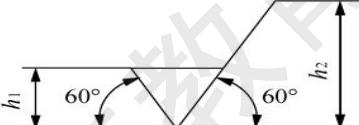
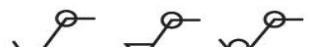
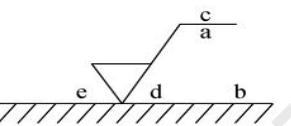


## 一、表面结构表示法

### 2 表面粗糙度的符号

表面粗糙度的图形符号及含义见表 3 - 4。

表 3-4 表面结构图形符号

| 符号名称        | 符号  | 含义及说明   |
|-------------|---|---|
| 基本图形符号      |     | 未指定工艺方法的表面,作为注解时,可单独使用  |
| 拓展图形符号      |    | 用去除材料的方法获得的表面   |
|             |  | 用于不去除材料的表面,也可表示保持上道工序形成的表面  |
| 表面结构补充要求的注写 |   | 在上述三个符号的长边加一条横线,用于标注有关参数和说明   |
|             |   | 在上述符号上加一个小圆,表示构成图形封闭轮廓的所有表面有相同的表面要求                                   |
|             |   | 位置 a 注写第一表面结构要求;位置 b 注写第二表面结构要求;位置 c 注写加工方法;位置 d 注写表面纹理方向;位置 e 注写加工余量 |

## 二、表面粗糙度在图样中的注法

(1) 对每一表面，一般只标一次，并尽可能标注在相应的尺寸及公差的同一视图上，除非另有说明，所注要求是对完工零件表面的要求。

(2) 表面粗糙度的注写、读取方向与尺寸的注写和读取方向一致。

(3) 表面粗糙度一般可注在以下几处：

① 标注在轮廓线或其延长线上，符号应从材料外指向接触表面，如图 3-5 (a) 所示，必要时，也可以用箭头或黑点指向接触表面，引线引出标注，如图 3-5 (b) 所示。

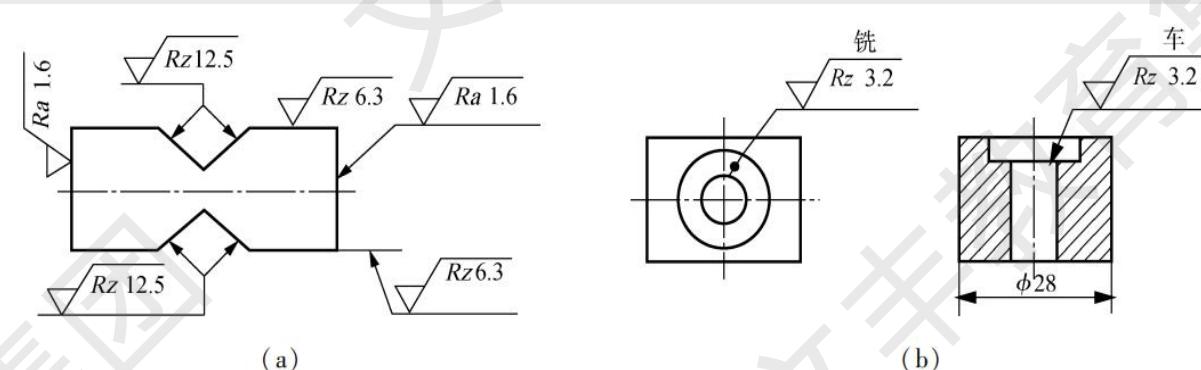


图 3-5 表面粗糙度的标注(1)

## 二、表面粗糙度在图样中的注法

### (3) 表面粗糙度一般可注在以下几处:

- ②标注在给定尺寸线上(不引起误解时), 如图 3-6 所示。
- ③标注在几何公差框格上方, 如图 3-7 所示。
- ④对于圆柱或棱柱的表面结构, 要求只注一次, 如棱柱每个表面的要求不同。则可单独标注, 如图 3-8 所示。
- ⑤简化注法, 如图 3-9 所示。

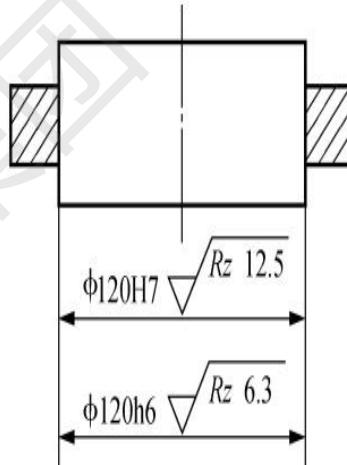


图 3-6 表面粗糙度的标注(2)

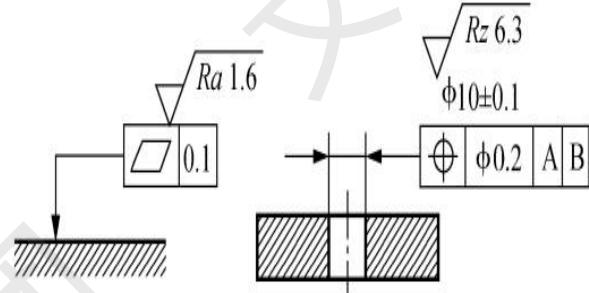


图 3-7 表面粗糙度的标注(3)

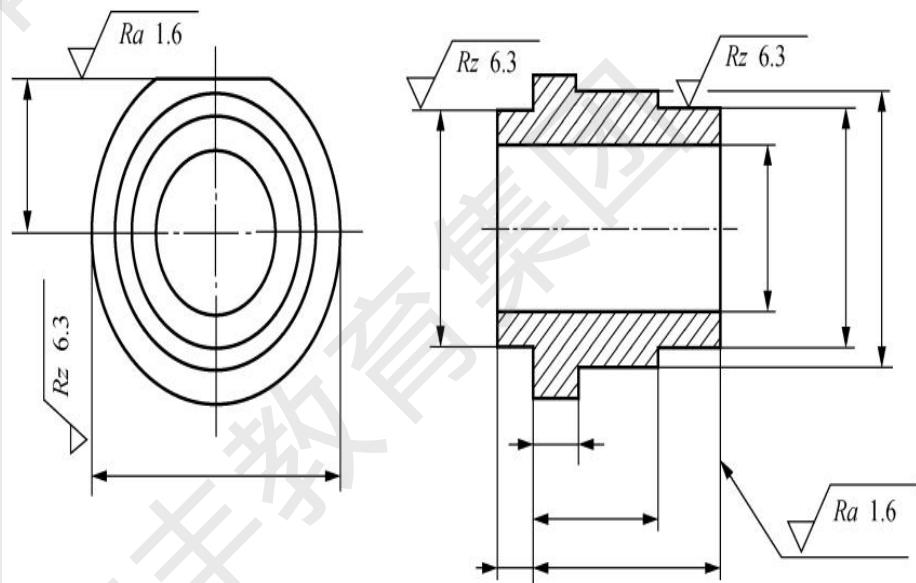


图 3-8 圆柱或棱柱的表面粗糙度的标注

## 二、表面粗糙度在图样中的注法

工件多数(或全部)有相同结构要求时,可统一注在标题栏附近,此时(除全部有相同结构要求外),表面结构要求符号后面应有以下内容:在圆括号内给出无任何其他标注的给定符号,如图 3-9(a)所示。在圆括号内给出不同表面的结构要求,如图 3-9(b)所示。

多个表面有相同要求时,可用带字母的完整符号以等式的形式在图形或标题栏附近进行简化标注,如图 3-9(c)所示。

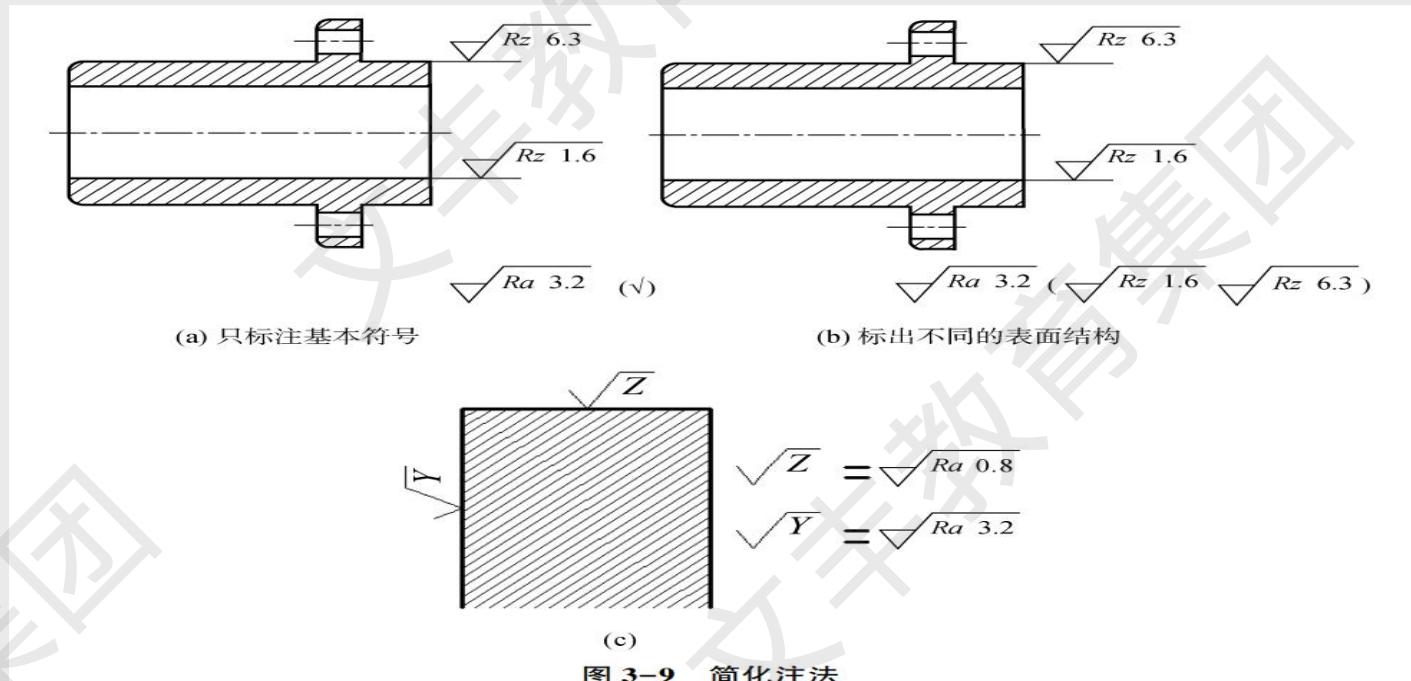


图 3-9 简化注法

### 三、表面粗糙度检测方法

表面粗糙度的主要检测方法有比较

法、针描法、光切法、干涉法等四种

。



# 第四部分 常用量具

**运用内容：量具的正确使用，零件的测量与合格性判断。**



## 一、测量基本知识

### 1 技术测量

技术测量主要是研究对零件几何参数进行的测量和检验问题。

**测量:**被测几何量与作为计量单位的标准量进行比较, 确定其比值的过程。

**检验:**确定被测几何量是否在规定的极限范围内, 判断是否合格, 无须确定具体的数值。

- ①测量是以确定量值为目的的全部操作, 检验是确定检测对象是否合格的操作。
- ②一个完整的测量过程应包括被测对象、计量单位、测量方法(含测量器具)和测量精度四个要素。
- ③测量精度是指测量结果与真值的一致程度, 一般真值是由设计计算确定的。

## 一、测量基本知识

### 2 测量单位

#### (1) 长度单位

长度的基本单位是米(m)，机械制造中常以毫米(mm)作为计量长度单位，技术测量中常以微米(μm)为计量单位。

#### (2) 换算关系

$$1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}; \quad 1 \text{ mm} = 1000 \mu\text{m}.$$

#### (3) 角度单位

常用角度单位有非国际制单位“度”“分”“秒”，以及国际单位制的辅助单位“弧度”“球面度”。角度单位的换算关系:  $1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$  (弧度)。



## 一、测量基本知识

### 3 量具及分类

量具:测量、检验零件及产品尺寸与形状的工具。

根据量具的特点与用途,量具可以分为万能量具、标准量具和专用量具。

万能量具(通用量具)一般有刻度,如被测物体在其测量范围内,可测出其具体数值,如游标卡尺、千分尺、量缸表、万能角度尺等。

标准量具在使用时以固定形态复现量值,分为单值量具和多值量具,如量块。标准量具用于量具和量仪的检验、精密机床的调整和较高精度工件的测量。

专用量具不能读出数值,但能判断其测量的尺寸、形状是否合格,如卡规、塞规、塞尺、螺纹规、平面样板等。

## 二、常用量具的使用

### 1 钢 尺



钢尺是测量长度中常用的一种简单量具，可测量被测件的长、宽、高等尺寸。钢尺一般为不锈钢材质，规格有 150mm、200mm、300mm、500mm 等，测量精度为 0.2 ~ 0.5 mm。钢尺与卡钳配合时，可测内径与外径。

## 二、常用量具的使用

### 2 卡 钳



卡钳是一种间接的简单量具，不能直接测出长度数值，必须与钢尺或其他带有刻度值的量具一起使用。

卡钳有内卡钳和外卡钳两种，外卡钳可用来测量物体的外尺寸，如外圆直径、厚度、宽度等；内卡钳可用来测量物体的内尺寸，如内孔、沟槽等。

## 二、常用量具的使用

### 3 量 块

量块也称块规，它是保持度量统一的重要工具。

量块是长方形六面体，两个工作面，一般成套

使用，在工厂中常作为长度基准。量块是用来检定和校准量具和量仪的基准量具，在相对测量时，用来调整测量器具的零位；在某些情况下量块可用于精密测量，也可用于机床的调整。量块的尺寸精度分为 0 级、1 级、2 级、3 级等四级，其中，0 级最高，3 级最低。



## 二、常用量具的使用

### 4 游标卡尺

游标卡尺是一种中等精度量具，具有结构简单、使用方便、测量范围大等特点，利用游标原理进行读数，应用较广泛，可用于测量工件的外径、内径、长度、宽度、深度、孔距等。

#### (1)游标卡尺的组成

游标卡尺由尺身、游标、内量爪、外量爪、测深杆、紧定螺钉等组成。

#### (2) 规 格

卡尺全长为卡尺规格，如 25 mm、150 mm、200 mm、300 mm 等。



## 二、常用量具的使用

### 4 游标卡尺

#### (3) 刻线原理与读数方法

① 刻线原理与测量精度规定如下。

游标卡尺身上刻线间距都是 1 mm，不同卡尺的游标刻线间距不同。它利用尺身和游标刻线间距之差来确定读数值，共有三种测量精度卡尺。

② 读数方法规定如下。

读整数：读游标零线左边尺身的毫米整数。

读小数：读游尺与主尺刻线对方的游标的格数，并乘以该尺寸精度。

求和：把上面两项相加，即为被测件相应测量项读数。



## 二、常用量具的使用

### 4 游标卡尺

#### (4) 使用及保养注意事项

- ① 使用前，应先用软布擦净卡尺，检查游标在尺身上的滑动是否灵活(不能过松或过紧)，检查尺身与游标的零线是否对齐，如果未对齐，应记下误差值，以便测量后修正。
- ② 测量工件时，应先将两量爪张开到略大于(测内孔直径时小于)被测尺寸，固定量爪测量面，使其贴紧工件，轻轻移动活动量爪至量爪测量面接触工件，游标尺测量面必须与工件表面平行或垂直(测孔径应垂直直径)；测量内径尺寸时，应轻轻摆，以便找出最大值(测宽度、外径时，应找出最小值。)
- ③ 读数时，视线要对准刻线，并垂直于尺面。从工件上取下卡尺读数时，应固定卡脚贴紧工件，轻轻取出，防止游标松动。
- ④ 使用完以后，擦净卡尺，并抹上防护油，将其平放于盒内，以防生锈和弯曲。
- ⑤ 卡尺不能用来测量毛坯和精度更高(超出其精度范围)的零件，不能当工具使用。

## 二、常用量具的使用

### 5 千分尺(螺旋测微量具)

千分尺是工厂中最常用的一种较精密量具之一，其测量精度比游标卡尺高，是利用螺旋副测微原理进行测量的一种量具，按用途可分为外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺、壁厚千分尺等。

#### (1) 外径千分尺(常用)

- ①组成:外径千分尺由尺架、测微装置、测力装置、锁紧装置等组成。
- ②规格:外径千分尺的规格有  $0 \sim 25\text{ mm}$ 、 $25 \sim 50\text{ mm}$ 、 $75 \sim 100\text{ mm}$  等，由于测微螺杆受到制造上的限制，其移动量通常是  $25\text{ mm}$ ，每隔  $25\text{ mm}$  为一挡。
- ③刻线原理与读数方法。

读数方法:读整数时，在固定套筒上读出最靠近活动套筒边缘的毫米数或半毫米数。读小数时，用活动套筒上固定套筒的基准线对齐的刻线格数乘以测量精度，读出不足  $0.5\text{ mm}$  的数。求和时，将前两次读数相加，所得结果即为被测量零件尺寸读数。

## 二、常用量具的使用

### 5 千分尺(螺旋测微量具)

#### (1) 外径千分尺(常用)

④精度:千分尺制造精度分 0 级和 1 级, 0 级精度最高。

⑤使用维护注意事项如下:

使用前, 应检查千分尺零位是否正确, 对于 0 ~ 25 mm 规格的外径千分尺, 应直接检查零位(零

线对齐)的准确性; 对于其他规格的千分尺, 应用量规检查零位准确性。检查灵敏性时, 先擦净千分尺两测量面, 然后转动棘轮, 观察棘轮是否能带动活动套管灵活地转动, 并发出清脆的“嘎嘎”声。

## 二、常用量具的使用

### 5 千分尺(螺旋测微量具)

#### (2) 内径千分尺

内径千分尺的结构与外径千分尺基本相同。内径千分尺测头带有球形测量面，活动测头的移动量只有 13 mm，为扩大测量范围，可以连接不同长度的接长杆。接长杆成套供应。

① 测量范围如下：内径千分尺的测量范围有 50~250 mm、50~600 mm、150~400 mm 等。测量精度为 0.01 mm。

② 使用与维护注意事项如下。

使用前，要调整零位。测量时，先将内径千分尺调整到比待测孔径略小一点，再放入孔内，左手握住固定套筒或接长套筒，把固定测头轻轻地压在被测孔壁上不动，然后用右手慢慢转动微分筒，让活动测头在被测孔壁上的轴向和圆周方向慢慢地摆动，直到在轴向找到最小值和在径向找到最大值，即得到正确结果。长孔应在不同轴向截面上测量。

## 二、常用量具的使用

### 6 百分表

(1)百分表组成百分表由表体部分、传动部分和读数部分组成。

(2)百分表的读数原理与分度值

百分表表盘圆周有 100 条等分刻线，量杆移动 1 mm 时，指针回转一周。

(3)百分表示值范围

百分表示值范围一般有 0~3 mm、0~5 mm、0~10 mm 三种。

(4)百分表制造精度

百分表制造精度有 0 级、1 级、2 级，0 级精度最高。

(5)百分表读数方法

读短指针与起始位置“0”之间的整数。

读长指针在表盘上所指的小数部分，格数乘以 0.01。

两次读数之和即为被测尺寸。



## 二、常用量具的使用

### 6 百分表

#### (6)百分表的使用方法及注意事项

使用前，应检查测量杆活动的灵活性，还应把指针调整到表盘零位。

使用百分表时，可将其装在专用表架上，把表架放在平板上。

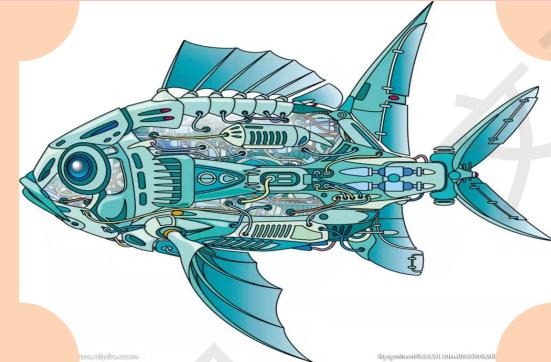
#### (7)内径百分表(量缸表)

内径百分表是一种用相对测量法测量孔径的测量仪，可测 6~1 000 mm，用于测量深孔或深槽底部尺寸、孔的圆度与锥度及槽两侧面的平行度。

①内径百分表测孔径是一种相对量法。测量前，应根据被测孔径的大小(孔基本尺寸)在千分尺或其他量具上调整好尺寸后才能使用。

②调整好尺寸的内径百分表在测孔径时，先定心再使测头轴线与孔壁垂直，并在孔的轴线方向上微微地来回转动，找出的最小指示值，就是测得的正确数值。

③测量时，要小心按压活动测头，不要用力过大或过快，不要使活动测头受到剧烈振动。



## 二、常用量具的使用

### 7 万能角度尺

#### (1) 结构组成

万能角度尺由尺身(主尺)、扇形板、游标、90°角尺、直尺、卡块、制动器等组成。

#### (2) 刻线原理与读数值(精度)

测量精度 2:主尺上刻度线每格 1°, 游标上 30 格, 所占总角度 29°, 故主尺与游

标每格刻线差  $1^\circ - \frac{29^\circ}{30} = 2'$ , 即角尺的读数值。

#### (3) 万能角度尺的使用与维护注意事项

使用前, 用干净纱布擦干净, 再检查各部件相互间是否移动平稳可靠、止动后的读数是否不动, 然后对零位。



## 二、常用量具的使用

### 8

### 卡规与塞规

卡规与塞规属于光滑极限量规，是一种没有刻度的专用工具，不能测量零件实际尺寸的具体数值，只能确定零件实际尺寸是否在规定的极限尺寸范围内。

#### (1) 塞规与卡规

塞规：用于检验孔径与槽宽。“通”端按孔最小极限尺寸设计，目的是防止孔的实际尺寸小于孔的最小极限尺寸；“止”端按孔最大极限尺寸设计，目的是防止孔实际尺寸大于孔最大极限尺寸。

#### (2) 量规种类

量规按用途可分为工作量规、验收量规和校核量规。

## 二、常用量具的使用

### 8 卡规与塞规

#### (3) 极限尺寸的判断原则(泰勒原则)

孔的作用尺寸:在配合面全长上,与实际孔内接的最大理想轴的尺寸,用  $L_m$  表示。

轴的作用尺寸:与实际轴外接的最小理想孔的尺寸,用  $l_m$  表示。

(4) 判断原则如下。

对于孔:  $L_m \geq L_{min}$ ,  $L_a \leq L_{max}$ ;

对于轴:  $l_m \leq l_{max}$ ,  $l_a \geq l_{min}$ 。

说明:极限尺寸判断原则是考虑了孔、轴形状误差以后,将孔、轴形状误差限制在孔轴极限尺寸范围内,从而保证孔轴配合能满足设计所提出的使用要求。



## 二、常用量具的使用

### 9 螺纹规

螺纹规用于普通螺纹要素的综合测量。螺纹规分为塞规和环规，环规用于检验外螺纹，塞规用于检验内螺纹。

环规和塞规都由通规(标代号“T”)和止规(标代号“Z”)两部分组成，常成对使用，一般用于检验螺纹顶径。

检验合格性判断：通规能顺利与工件旋合，止规不能旋合或不完全旋合，则螺纹为合格。如果通规不能旋合，说明螺母过小，螺栓过大，如果止规能与工件旋合，说明螺母过大，螺栓过小。

谢谢观赏！

