

# 第1章 极限与配合及检测

## 【学习及技能目标】

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. 理解配合制的概念及公差等级的选用、配合类型的选择。
3. 掌握零件检测（测量方法、测量误差、测量精度等）的基础知识。
4. 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讲

**课 题：**1. 极限与配合的基本术语及定义  
2. 极限与配合标准的主要内容

**授课形式：**讲授

**教学目的：**1. 掌握极限与配合的基本术语及定义  
2. 熟练计算极限尺寸、会绘制公差带图  
3. 掌握间隙、过渡、过盈配合的特点及极限盈、隙的计算。

**教学重点：**有关极限尺寸、极限偏差、尺寸公差、基本偏差的概念

**教学难点：**1. 计算、绘制公差带图  
2. 间隙、过渡、过盈配合的特点及极限盈、隙的计算。

**教 具：**挂图、多媒体课件

**教学方法：**精讲：重点讲清有关极限尺寸、极限偏差、尺寸公差、基本偏差的概念

多练：在讲授后，通过练习、讨论和分析归纳帮助学生自我消化、自我提高，从而培养学生的计算能力。

**教学过程：**

### 一、引入新课题

本章是本门课程的核心内容，是学习以后各章的基础。要求对各公差配合的基本概念要明确，本次课开始学习有关内容。

## 二、教学内容

### 1.1 极限与配合的基本知识

#### 1.1.1 极限与配合的基本术语及定义

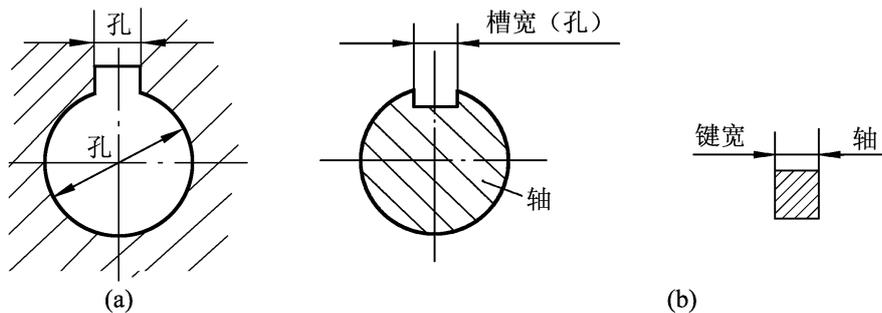
##### 1. 孔

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

##### 2. 轴

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

**孔与轴的区别:**从装配关系讲，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，如图所示。



#### 1.1.2 有关要素的术语定义

##### 1. 要素

即构成零件几何特征的点、线、面。

##### 2. 尺寸要素

是指由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状。

##### 3. 尺寸

是指用特定单位表示线性尺寸值的数值。

##### 4. 公称尺寸（原称基本尺寸）

是由设计给定的，通过强度、刚度等方面的计算或结构需要，并考虑工艺方面要求后确定的，孔用  $D$  表示，轴用  $d$  表示。

##### 5. 实际（组成）要素（原称实际尺寸）

由接近实际（组成）要素所限定的工件实际表面的组成要素部分。

## 6. 极限尺寸

指尺寸要素允许的两个极端尺寸。提取组成要素的局部尺寸应位于其中，也可达到极限尺寸。

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。分别用 $D_{\max}$ ， $d_{\max}$ 和 $D_{\min}$ ， $d_{\min}$ 表示，如图1-2所示。

### 1.1.3 有关尺寸偏差、公差的术语及定义

#### 1. 尺寸偏差

某一尺寸减去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，也可为零。

#### 2. 实际偏差

实际尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为实际偏差。

#### 3. 极限偏差

极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差，称为极限偏差。

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

(2) **下偏差**：最小极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为下偏差。孔的下偏差用 $EI$ 表示；轴的下偏差用 $ei$ 表示。

**极限偏差计算公式：**

$$ES = D_{\max} - D \qquad es = d_{\max} - d$$

$$EI = D_{\min} - D \qquad ei = d_{\min} - d$$

#### 4. 尺寸公差 ( $T_h$ , $T_s$ )

允许尺寸的变动量称为公差。孔公差用 $T_h$ 表示；轴公差用 $T_s$ 表示。

**公差计算公式：**

$$\text{孔公差 } T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$\text{轴公差 } T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

#### 5. 尺寸公差带

(1) **公差带**：由代表上偏差和下偏差或上极限尺寸和下极限尺寸的两条直线所限定的一个区域，称为尺寸公差带。

(2) 为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。

## 6. 标准公差

国家标准规定的公差数值表中所列的,用以确定公差带大小的任一公差称为标准公差。

## 7. 基本偏差

用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差称为基本偏差。

### 1.1.4 有关配合的术语定义

#### 1. 配合

配合是指基本尺寸相同的,相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

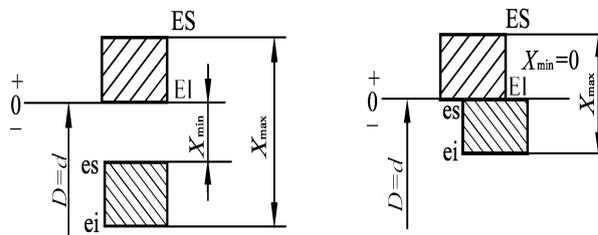
#### 2. 间隙 ( $X$ ) 或过盈 ( $Y$ )

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。

**标准规定:**配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合。

#### 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。



**计算公式:**

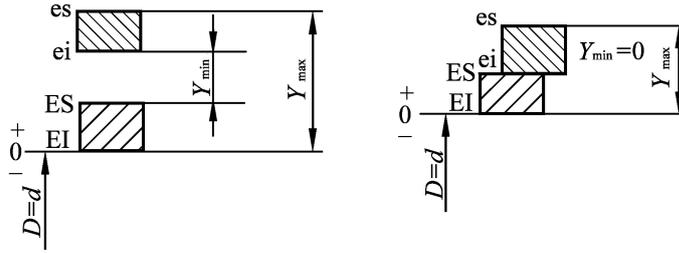
$$\text{最大间隙 } X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$\text{最小间隙 } X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

$$\text{平均间隙 } X_{\text{av}} = 1/2 (X_{\max} + X_{\min})$$

#### 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。



计算公式:

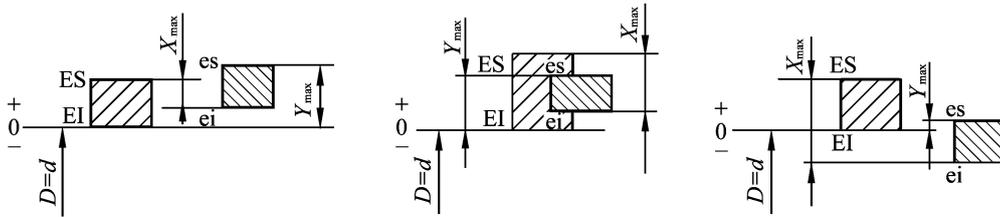
$$\text{最大过盈 } Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

$$\text{最小过盈 } Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

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

### 5. 过渡配合

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，如图所示。



计算公式:

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

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

$$X_{\text{av}} (Y_{\text{av}}) = 1/2 (X_{\max} + Y_{\max}) + (-)$$

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；为负则为平均过盈。

### 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，是一个没有符号的绝对值。

计算公式:

$$\text{对间隙配合 } T_f = X_{\max} - X_{\min}$$

$$\text{对过盈配合 } T_f = Y_{\min} - Y_{\max}$$

$$\text{对过渡配合 } T_f = X_{\max} - Y_{\max}$$

三种配合的配合公差也可为:

$$T_f = T_h + T_s$$

## 第 2 讲

- 课 题：**
1. 配合制
  2. 标准公差系列
  3. 基本偏差系列
  4. 极限与配合在图样上的标注
  5. 常用和优先的公差带与配合
  6. 一般公差——线性尺寸的未注公差

**授课形式：**讲授

- 教学目的：**
1. 掌握基孔制和基轴制的特点
  2. 熟悉标准公差系列和基本偏差系列的构成
  3. 掌握标准公差数值表和孔与轴的基本偏差数值表的查用，并会在图样上正确标注公差配合。
  4. 掌握一般公差的表示方法。

**教学重点：**标准公差数值表和孔与轴的基本偏差数值表的查用

**教学难点：**会在图样上正确标注公差配合。

**教 具：**挂图、多媒体课件

**教学方法：**本节主要讲述极限与配合标准，在此基础上引导学生查用标准公差数值表和孔与轴的基本偏差数值表，会在图样上正确标注公差配合。从而培养学生的应用能力。

**教学过程：**

### 一、引入新课题

复习有关极限尺寸、极限偏差、尺寸公差、基本偏差的概念，。要求对基孔制和基轴制的特点明确，本次课开始学习有关极限与配合标准的主要内容。

### 二、教学内容

## 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

配合制是以两个相配合的零件中的一个零件为基准件，并对其选定标准公差

带，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。

### 1. 基孔制

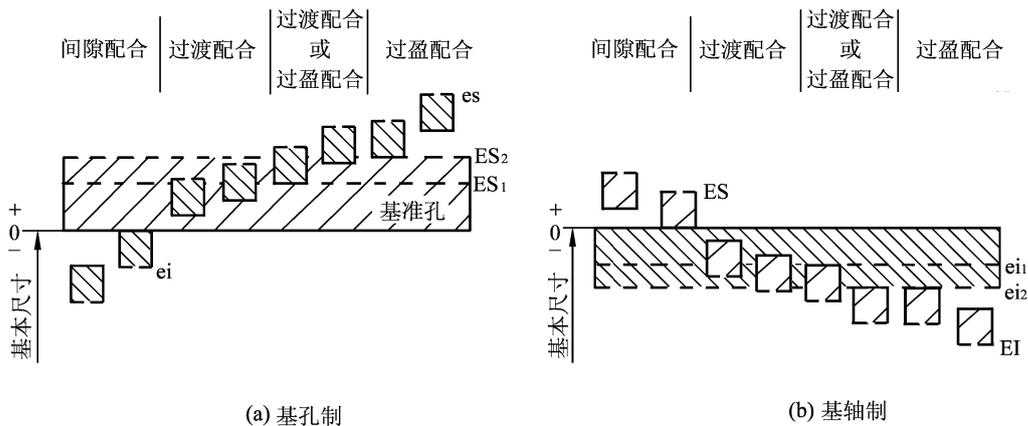
基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。基孔制配合中的孔为基准孔，是配合的基准件。如图（a）所示。

**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（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。



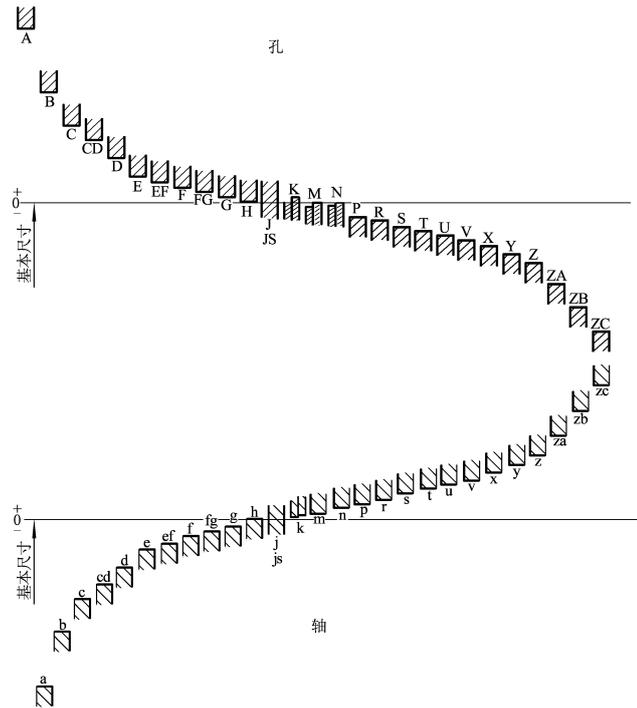
### 3. 公差等级

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。

#### 1.2.2 基本偏差系列

**基本偏差系列：**是对公差带位置的标准化。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。如图 1-7 所示。



### 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。

### 2. 基本偏差系列图及其特征

如图所示

### 3. 基本偏差数值

#### (1) 轴的基本偏差数值：

**A:**轴的基本偏差计算公式见书中表 1-3。

**B:**为了方便使用，国家标准按上述轴的基本偏差计算公式计算列出了轴的基本偏差数值表，见书中表 1-4。

**C:**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：

$$ei=es-IT \quad (\text{公差带在零线之下})$$

$$es=ei+IT \quad (\text{公差带在零线之上})$$

#### (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。

**换算原则为：**同名配合的配合性质不变，即基孔制的配合（如 30H9/f9、40H7/g6）变成同名基轴制的配合（如 30F9/h9、40G7/h6）时，其配合性质（极限间隙或极限过盈）不变。

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。

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

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

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，而绝对值相差一个  $\Delta$  值。

$$\text{即 } ES = -ei + \Delta$$

$$\Delta = IT_n - IT_{n-1} = IT_h - IT_s$$

孔的另一个极限偏差可根据孔的基本偏差数值和标准公差值按下列关系式计算

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

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

### 1.2.3 极限与配合在图样上的标注

#### 1. 公差带代号与配合代号

A. 公差代号：孔、轴的公差带代号由基本偏差代号和公差等级数字组成，

举例：孔的公差带代号——H7、F7、K7、P6

轴的公差带代号——h7、g6、m6、r7

B. 配合代号：当孔和轴组成配合时，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。

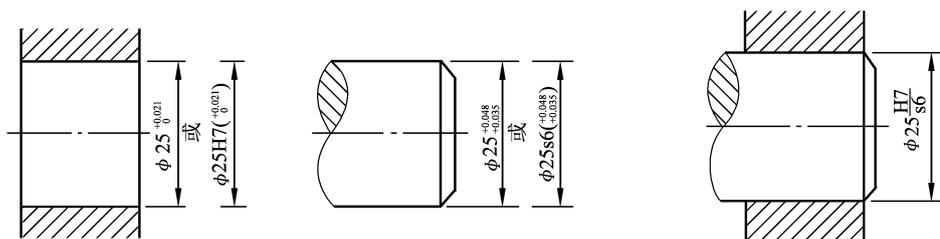
举例：H7/g6

如指某公称尺寸的配合，则公称尺寸标在配合代号之前，如 30H7/g6。

#### 2. 图样中尺寸公差的标注形式

A. 零件图标注：尺寸公差的两种标注形式如图所示，孔、轴公差在零件图上主要标注基本尺寸和极限偏差数值，也可标注基本尺寸、公差带代号和极限偏差值。

B. 在装配图标注：主要标注配合代号，即标注孔、轴的基本偏差代号及公差等级，如图所示。



#### 1.2.4 常用和优先的公差带与配合

##### 1. 常用和优先公差带

**A. 轴用公差带：** 国标规定了一般、常用和优先轴用公差带共 116 种。

**B. 孔用公差带：** 国标规定了一般、常用和优先孔用公差带共 105 种。

##### 2. 选用原则

应按优先、常用、一般公差带的顺序选取。若一般公差带中也没有满足要求的公差带，则按国标规定的标准公差和基本偏差组成的公差带来选取，还可考虑用延伸和插入的方法来确定新的公差带。

##### 3. 配合

国标规定基孔制常用配合 59 种，优先配合 13 种。基轴制常用配合 47 种，优先配合 13 种。

#### 1.2.5 一般公差—线性尺寸的未注公差（GB/T 1804—2000）

##### 1. 未注公差

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。在正常维护和操作情况下，它代表车间的一般的经济加工精度。

##### 2. 未注公差级别

国家标准 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。

对适用尺寸也采用了较大的分段。f、m、c、v 四个等级分别相当于 IT12、IT14、IT16、IT17。

##### 3. 举例

采用 GB. T1804—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，表示为 GB/T 1804—2000—m。

一般公差的线性尺寸是在车间加工精度保证的情况下加工出来的，一般可以不用检验。

## 第 3 讲

**课 题：** 1. 测量技术的概念

2. 长度基准与尺寸传递

3. 量块的基本知识

4. 计量器具的基本度量指标
5. 测量方法的分类

**授课形式：**讲授

- 教学目的：**
1. 了解测量技术的基本概念及尺寸传递
  2. 了解计量器具及其基本度量指标
  3. 重点掌握量块的使用方法。
  4. 重点掌握测量方法的分类

- 教学重点：**
1. 量块的使用方法。
  2. 计量器具及其基本度量指标
  3. 测量方法的分类

**教学方法：**精讲量块的用法，多练：在讲授后，通过练习、讨论和分析归纳帮助学生掌握本节课内容。

**教学过程：**

### 一、引入新课题

由提问学生长度单位的意义引入新课。

### 二、教学内容

## 1.3 测量技术基础

### 1.3.1 技术测量与检测的基本知识

#### 1. 测量

是指为确定被测量值而进行的一组操作过程。其实质是将被测的量  $L$  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  $q = L/E$

**测量过程包括以下四个要素：**

**(1) 测量对象** 主要指几何量，包括长度、角度、表面形状和位置误差、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 ( $\mu\text{m}$ )；角度单位是弧度 (rad)，实用中常以度 ( $^\circ$ )、分 ( $'$ )、秒 ( $''$ ) 为单位。

**(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。

## 2. 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。

## 3. 长度尺寸基准和传递系统

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  $1/299\,792\,458$  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

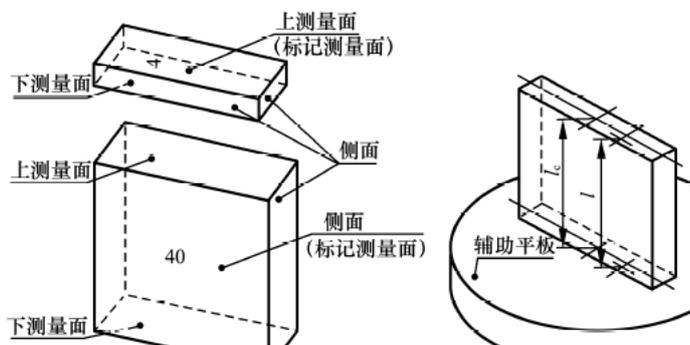
## 4. 角度的量值传递

使用高精度的测角仪和多面棱体

### 1.3.2 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。



#### 2. 量块规格

##### (1) 量块长度

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

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

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。

### 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。

### 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。

### 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。

### 1.3.3 计量器具的基本度量指标

度量指标是用来说明计量器具的性能和功用的。基本度量指标如下：

#### 1. 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 。

#### 2. 分度值（刻度值）

是指标尺或分度盘上相邻两刻线间所代表被测量的量值。

#### 3. 示值范围

是指计量器具所显示的最低值到最高值的范围。

#### 4. 测量范围

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 。

#### 5. 灵敏度

是指计量器具对被测量变化的反应能力。

#### 6. 测量力

是指计量器具的测头与被测表面之间的接触压力。

#### 7. 示值误差

是指计量器具上的示值与被测量真值的代数差。

## 8. 示值变动

是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5~10次）所得示值中的最大差值。

## 9. 回程误差（滞后误差）

是指在相同条件下，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。

## 10. 不确定度

是指由于测量误差的存在而对被测量值不能肯定的程度。

### 1.3.4 测量方法的分类

#### 1. 按所获得被测结果的方法不同，分为：

**A: 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。

**B: 间接测量：**是指测量与被测量有一定函数关系的量，然后通过函数关系算出被测量的测量方法。

#### 2. 按读数值是否为被测量的整个量值，分为：

**A: 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。

**B: 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。

#### 3. 按被测表面与计量器具的测量头是否有机接触，分为：

**A: 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。

**B: 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。

#### 4. 按同时测量参数的多少，分为：

**A: 单项测量：**是指分别测量工件的各个参数的测量。

**B: 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。

#### 5. 按测量在加工过程中所起的作用，分为：

**A: 主动测量：**是指在加工过程中对零件的测量，其测量结果用来控制零件的加工过程，从而及时防止废品的产生。

**B: 被动测量：**是指在加工后对零件进行的测量。其测量结果只能判断是否合格，仅限于发现并剔除废品。

#### 6. 按被测量在测量过程中所处状态，分为：

**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。

**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方法。

## 第 4 讲

- 课 题：**1. 测量误差的概念  
2. 测量误差的来源  
3. 测量误差的种类和特性  
4. 关于测量精度的几个概念

**授课形式：**讲授

- 教学目的：**1. 了解测量误差的概念和产生测量误差的因素  
2. 掌握测量误差的种类特性以及测量结果的数据处理方法

**教学重点：**测量误差的种类特性

**教学难点：**测量误差测量结果的数据处理方法

**教 具：**多媒体课件

**教学方法：**精选例题和习题目帮助学生掌握测量误差的种类和特性。

**教学过程：**

### 一、引入新课题

通过提问测量过程中所发现的问题引入新课。

### 二、教学内容

## 1.4 测量误差及数据处理

### 1.4.1 测量误差的概念

**测量误差：**在测量过程中，由于计量器具本身的误差以及测量方法和测量条件的限制，任何一次测量的测得值都不可能是被测几何量的真值，两者存在着差异。

测量误差有下列两种形式：

#### 1. 绝对误差

绝对误差  $\delta$  是指测量的量值  $x$  与其真值  $x_0$  之差的绝对值，

$$\text{即} \quad \delta = |x - x_0|$$

因此，测量误差可能是正值，也可能是负值。

这样，真值可以用下列公式表示  $x_0 = x \pm \delta$

#### 2. 相对误差

相对误差  $f$  是指绝对误差  $\delta$ （取绝对值）与真值  $x_0$  之比。

$$\text{即} \quad f = \delta / x_0 \approx \delta / x$$

## 1.4.2 测量误差的来源

### 1. 计量器具的误差

计量器具的误差是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确定度来表示。

### 2. 测量方法误差

测量方法误差是指测量方法不完善所引起的误差。

### 3. 测量环境误差

测量环境误差是指测量时的环境条件不符合标准条件所引起的误差。

### 4. 人员误差

人员误差是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。

## 1.4.3 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定的方式变化的误差。

#### (1) 随机误差的分布规律及其特性

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。

随机误差具有以下 4 个分布特性：

①**对称性**：绝对值相等、符号相反的随机误差出现的概率相等。

②**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。

③**抵偿性**：在一定的测量条件下，多次重复进行测量，各次随机误差的代数和趋近于零。

④**有界性**：在一定的测量条件下，随机误差的绝对值不会超出一定的界限。

因此，可以用概率论和数理统计的一些方法来掌握随机误差的分布特性估算误差范围，对测量结果进行处理。

#### (2) 随机误差的极限值

由随机误差的有界性可知，随机误差不会超过某一范围。随机误差的极限值是指测量极限误差，也就是测量误差可能出现的极限值。

$$\delta_{\text{lim}} = \pm 3\sigma = \pm 3\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n}}$$

## 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。

## 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。

### 1.4.4 测量精度的相关概念

测量精度是指被测量的测得值与其真值的接近程度。测量精度和测量误差从两个不同角度说明了同一个概念。

#### 1. 精密度

表示测量结果受随机误差影响的程度。它是指在规定的测量条件下连续多次测量时，所有测得值彼此之间接近的程度。若随机误差小，则精密度高。

#### 2. 正确度

表示测量结果受系统误差影响的程度。它是衡量所有测得值对真值的偏离的程度。若系统误差小，则正确度高。

#### 3. 准确度

是指连续多次测量时，所有测得值彼此之间接近程度对真值的一致程度。若系统误差和随机误差都小，则准确度高。

通常精密度高的，正确度不一定高；正确度高的，精密度不一定高；但准确度高时，精密度和正确度必定都高。

### 1.4.5 测量结果的数据处理

#### 1. 测量列中随机误差的处理

随机误差的出现是不可避免和无法消除的。数据处理的步骤如下：

- (1) 计算算术平均值
- (2) 计算残差
- (3) 计算标准偏差
- (4) 计算测量列算术平均值的标准偏差
- (5) 测量列的极限误差

#### 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，发现系统误差后需采取措施加以消除。

### 3. 粗大误差的剔除

粗大误差的特点是数值比较大,对测量结果产生明显的歪曲,应从测量数据中将其剔除。剔除粗大误差不能凭主观臆断,应根据判断粗大误差的准则予以确定。

## 第 5 讲

**课 题:** 1. 配合制的选择  
2. 公差等级的选择  
3. 配合的选择

**授课形式:** 讲授

**教学目的:** 1. 熟悉极限与配合的选择,在此基础上,达到会初步选用极限与配合的能力。  
2 掌握配合制的选择、公差等级的选择、配合的选择的基本原则和一般方法。

**教学重点:** 极限与配合的选择

**教学难点:** 配合制的选择、公差等级的选择、配合的选择的基本原则和一般方法

**教 具:** 挂图、多媒体课件

**教学方法:** 合理选用极限与配合是机械设计与制造中的一项重要工作,它对提高产品的性能、质量以及降低成本都有重要影响。教学中重点讲述如何正确地选择极限与配合,让学生明白要想深入地掌握极限与配合国家标准,就要对产品的技术要求、工作条件以及生产制造条件进行全面分析,同时还要通过生产实践和科学试验不断积累经验,这样才能逐步提高这方面的工作能力。

**教学过程:**

### 一、引入新课题

复习有基孔制和基轴制的特点及标准公差系列和基本偏差系列的构成。

### 二、教学内容

## 1.5 极限与配合的选用

### 1.5.1 配合制的选择

#### 1. 一般情况下优先选用基孔制

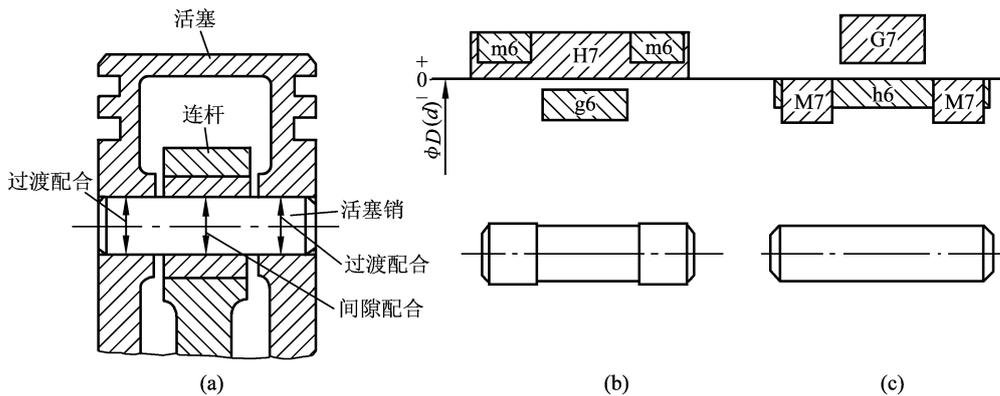
为了减少定值刀具、量具的规格和数量,利于生产,提高经济性,应优先选

用基孔制。

### 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，此时就应选择基轴制。

(2) 由于结构上的特点，宜采用基轴制。如图 (a) 所示根据工作要求，活塞销轴与活塞孔应为过渡配合，而活塞销与连杆之间由于有相对运动应为间隙配合。若采用基孔制配合，如图 (b) 所示

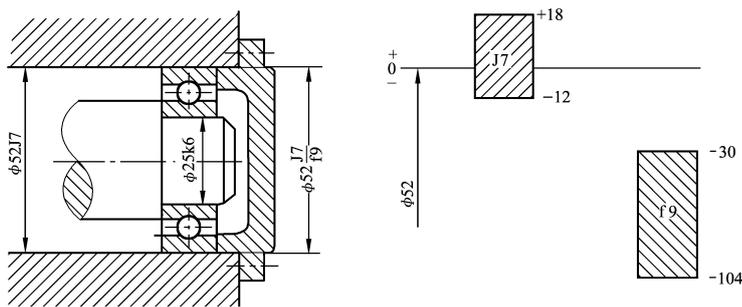


### 3. 与标准件配合时，应以标准件为基准件来确定配合制

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。所以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

非配合制配合是指由不包含基本偏差 H 和 h 的任一孔、轴公差带组成的配合。如图所示为轴承座孔同时与滚动轴承外径和端盖的配合。



## 1.5.2 公差等级的选择

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

A: 在按使用要求确定了配合公差  $T_f$  后，由于  $T_f = T_h + T_s$ ，这里  $T_h$  与  $T_s$  的公差分配可按工艺等价性考虑。孔和轴的工艺等价性是指孔和轴加工难易程度应相同。

**B:**为了使组成配合的孔、轴工艺等价，轴、孔的公差等级应相差一级选用。

## 2. 联系配合

对过渡配合或过盈配合，一般不允许其间隙或过盈的变动太大，因此公差等级不能太低，孔可选标准公差 $\leq IT8$ ，轴可选标准公差 $\leq IT7$ 。间隙配合可不受此限制。

## 3. 联系零部件的相关精度要求

在用类比法选择公差等级时，应熟悉各个公差等级的应用范围和各种加工方法所能达到的公差等级。

### 1.5.3 配合的选择

**1. 计算法** 是根据一定的理论和公式，计算出所需的间隙或过盈，根据计算结果，对照国标选择合适的配合。

**2. 试验法** 是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，从而确定配合的一种方法。

**3. 类比法** 是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，经修正后确定配合的一种方法。

#### 4. 各种配合的特征及应用举例

#### 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     |            |

## 第6讲

**课 题:** 实训1 游标卡尺测量零件    实训2 用外径千分尺测量零件  
实训3 用内径千分尺测量零件

**授课方式:** 边讲边练（现场测量）

**教学目的:** 1. 了解尺寸误差所涉及到的3种量具的组成及原理  
2. 掌握上述各种量具的使用方法和  
3. 熟悉上述各种量具测量尺寸误差大小的方法。

**教学重点:** 测量尺寸误差所涉及到的3种量具和使用方法。

**教学难点:** 会正确运用各种量具测量尺寸误差大小的方法。

**教 具：**实训用量具

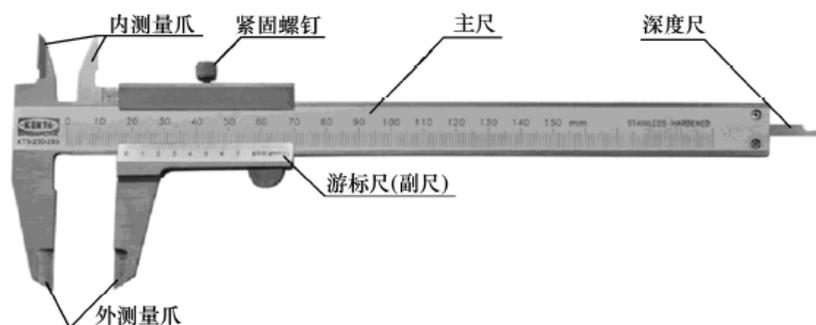
**教学方法：**引导学生理解尺寸误差所涉及到的3种量具的组成及原理，在尺寸误差的检测中，初步掌握其量具的使用方法，并基本掌握准确测量尺寸误差大小的技能。

**教学过程：**

## 实训 1 游标卡尺测量零件

游标卡尺是利用游标原理对两同名测量面相对移动分隔的距离进行读数的测量器具，具有结构简单、使用方便、精度中等和测量范围大等特点，可用于测量零件的外径、内径、长度、宽度、厚度、深度和孔距等，应用范围很广。

### 1. 游标卡尺的组成

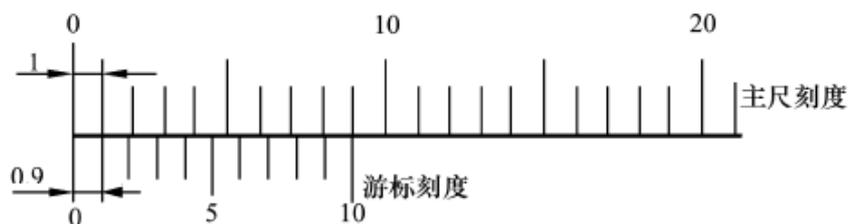


### 2. 游标卡尺的类型

游标卡尺的种类较多，最常用的三种见表 1-21

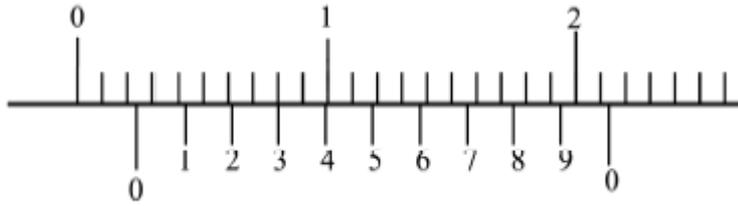
### 3. 普通游标卡尺的读数原理和读数方法

#### (1) 读数原理



主尺刻线间距（每格）为 1 mm，当游标零线与主尺零线对准（两爪合并）时，游标上的第 10 条刻线正好指向主尺上的 9 mm，而游标上的其他刻线都不会与主尺上任何一条刻线对准。因此，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值。

#### 读数示例



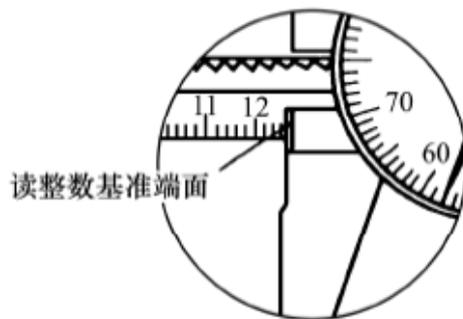
被测尺寸的整数部分是 2 mm，再观察游标刻线，这时游标上的第 3 条刻线与主尺刻线对准。因此，被测尺寸的小数部分为  $3 \times 0.1 = 0.3$  mm，被测尺寸为  $2 + 0.3 = 2.3$  mm。

#### 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。测量精度一般为 0.02 mm，测量范围为 0 ~ 125 mm 或 0 ~ 150 mm 或 0 ~ 200 mm。

**读数原理：**运用齿条传动齿轮带动指针显示数值，测量准确、迅速，其使用方法与普通游标卡尺基本相同。

**读数示例：**分度值为 0.01 mm，读数为  $123 + 0.5 + (3 \times 0.02) = 123.56$  mm。



#### 5. 测量方法

右手拇指推动游标，使两测量爪的测量面与被测提取工件表面接触，并进行少量滑移，目光正视，读出工件尺寸数值。

### 实训 2 用外径千分尺测量零件

外径千分尺是利用螺旋副原理，对尺架上两测量面间分隔的距离进行测量的外尺寸测量器具。

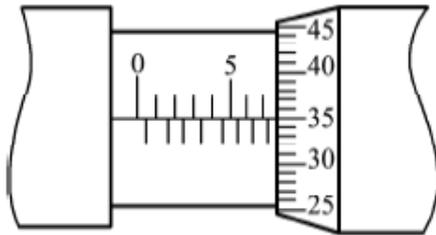
#### 1. 外径千分尺的组成

常用外径千分尺的测量范围有 0 ~ 25 mm、25 ~ 50 mm、50 ~ 75 mm、甚至可达数米。

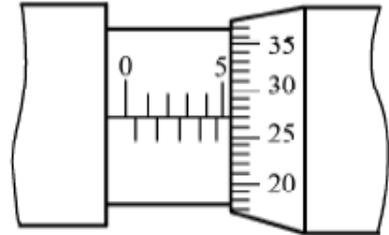
## 2. 外径千分尺的读数原理及读数方法

(1) **读数原理** 将微分筒旋转一周时，测微螺杆轴向位移  $0.5\text{ mm}$ ，当微分筒转过一格时，测微螺杆轴向位移  $0.5 \times 1 / 50 = 0.01\text{ mm}$ 。这样，可由微分筒上的刻度精确地读出测微螺杆轴向位移的小数部分。由此可见，千分尺的分度值为  $0.01\text{ mm}$ 。

### (2) 读数示例



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



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

## 3. 测量方法

(1) 根据图纸要求尺寸，选择相应规格的千分尺（校对零位），左手握住绝热板装置，右手握住测力装置。

(2) 测砧面固定不动，转动测力装置（棘轮），使千分尺测量螺杆面和被测提取工件表面接近。

(3) 拧动端部棘轮，直至发出 2 ~ 3 声的“咔咔”声为止，读出尺寸数值。

### 实训 3 用内径千分尺测量零件内径

千分尺是具有两个圆弧测量面，适用于测量内尺寸的千分尺。其示值误差为刻度指示值与两圆弧测量面实际分隔的距离之差。

#### 1. 内径千分尺的组成及原理

内径千分尺测量方法与游标卡尺的内测量爪测量方法相同。与外径千分尺不同的是，内径千分尺的内测量爪是边分开边测量，所以标尺数值是向右变小。

#### 2. 测量方法

(1) 将固定测量爪接触孔的一侧内壁不动，然后转动测力装置（棘轮），调节活动测量爪，使其张开距离略小于内孔尺寸。

(2) 当活动测量爪接触到孔的另一侧内壁时，转动棘轮，使测量爪在径向的最大位置和轴向的最小距离处与工件相接触，目光正视，寻找测量的最佳值，读出内孔尺寸数值。