

全国技工学校电工类通用教材

# 机械知识

(第二版)

中国劳动出版社

全国技工学校电工类通用教材

# 机械知识

(第二版)

劳动部培训司组织编写

江苏工业学院图书馆  
藏书章

中国劳动出版社

本书是根据劳动部培训司审定颁发的《全国技工学校电工类机械知识教学大纲（1993）》编写的。本书内容包括：公差配合，常用金属材料，带传动和链传动，齿轮传动，定轴轮系，常用机构，轴承，联接，弹性元件，示数装置和液压传动等方面的基本知识。

本书也可作为职业高中和企业维修电工、电工中级技术工人培训的教材，以及职工的自学用书。

本书由蔡奇、徐直正编写，蔡奇主编；朱济安审稿。

## 机 械 知 识

（第二版）

劳动部培训司组织编写

责任编辑：任萍

中国劳动出版社出版

（北京市惠新东街1号）

中国铁道出版社印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 12印张 284千字

1988年4月北京第1版 1994年5月北京第2版

1998年3月北京第17次印刷 印数：25000册

ISBN 7-5045-1396-2/TM·080（课） 定价：10.80元

## 前 言

为了更好地提高技工学校电工类工种（专业）的教学质量，适应生产发展的需要，我们在修订技工学校电工类工种（专业）教学计划及教学大纲的基础上，组织修订了技工学校电工类工种（专业）各门课程的教材。修订后的教材从培养目标出发，以中级电工技术等级标准为依据，坚持理论联系实际的原则，突出技能训练，注重针对性、实用性、科学性，并适当增加了新技术、新工艺、新材料、新设备的内容。

此套教材计有：维修电工生产实习、电工生产实习、数学、物理、电工基础、机械知识、机械制图、电气制图、电子技术基础、电机与变压器、电工仪表与测量、电力拖动控制线路、企业供电系统及运行、安全用电、电工材料等 15 种。

组织修订教材的工作得到了黑龙江、山东、上海、江苏、浙江、河南、陕西、四川、江西、湖南、广西、福建、云南及沈阳、大连、重庆等省市自治区及计划单列市劳动厅（局）的大力支持和协助，在此表示衷心的感谢。

由于技工学校教学改革正在研究探索之中，此次修订的教材肯定还会存在一些缺点和不足，恳切希望读者提出宝贵意见，以便在适当时候再次进行修订，使之更加完善。

劳动部培训司

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 绪 言                    | 1  |
| 第一章 公差与配合              | 2  |
| § 1-1 互换性概念            | 2  |
| § 1-2 公差与配合基本术语、定义     | 3  |
| § 1-3 公差与配合国家标准的构成     | 15 |
| § 1-4 公差配合的标注与识读       | 25 |
| § 1-5 未注公差尺寸的极限偏差      | 27 |
| § 1-6 表面形状和位置公差概述      | 30 |
| § 1-7 表面粗糙度概述          | 34 |
| 习题                     | 37 |
| 第二章 常用金属材料及钢的热处理概述     | 40 |
| § 2-1 金属材料的力学性能        | 40 |
| § 2-2 金属杆件的基本变形形式      | 42 |
| § 2-3 常用金属材料           | 43 |
| § 2-4 钢的热处理概述          | 47 |
| 习题                     | 48 |
| 第三章 带传动与链传动            | 50 |
| § 3-1 带传动基本原理和特点       | 50 |
| § 3-2 V带传动             | 52 |
| § 3-3 链传动概述            | 57 |
| 习题                     | 59 |
| 第四章 渐开线齿轮传动            | 61 |
| § 4-1 齿轮传动概述           | 61 |
| § 4-2 渐开线的概念           | 62 |
| § 4-3 直齿圆柱齿轮各部分名称及几何尺寸 | 63 |
| § 4-4 其它类型齿轮传动         | 69 |
| § 4-5 齿轮的失效形式          | 73 |
| 习题                     | 74 |
| 第五章 定轴轮系               | 76 |
| § 5-1 定轴轮系的功用          | 76 |
| § 5-2 定轴轮系中传动比正、负号的判定  | 78 |
| § 5-3 定轴轮系传动比大小的计算     | 80 |
| 习题                     | 83 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第六章 常用机构</b> .....     | 84  |
| § 6-1 铰链四杆机构 .....        | 84  |
| § 6-2 凸轮机构 .....          | 93  |
| § 6-3 棘轮机构和槽轮机构 .....     | 99  |
| 习题 .....                  | 101 |
| <b>第七章 轴 承</b> .....      | 103 |
| § 7-1 滚动轴承的典型结构 .....     | 103 |
| § 7-2 滚动轴承的类型、特点 .....    | 104 |
| § 7-3 滚动轴承代号的组成及其意义 ..... | 106 |
| § 7-4 滚动轴承类型的选用原则 .....   | 108 |
| § 7-5 滚动轴承部件的组合安装 .....   | 109 |
| § 7-6 滚动轴承的润滑和密封 .....    | 111 |
| § 7-7 滑动轴承概述 .....        | 113 |
| 习题 .....                  | 113 |
| <b>第八章 联 接</b> .....      | 115 |
| § 8-1 键、销联接 .....         | 115 |
| § 8-2 螺纹联接 .....          | 119 |
| § 8-3 焊接 .....            | 125 |
| § 8-4 联轴器 .....           | 132 |
| § 8-5 胶接 .....            | 135 |
| 习题 .....                  | 136 |
| <b>第九章 弹性元件</b> .....     | 138 |
| § 9-1 弹性元件基本特性和常用材料 ..... | 138 |
| § 9-2 弹簧 .....            | 140 |
| § 9-3 游丝和拉丝 .....         | 142 |
| § 9-4 膜片、膜盒概述 .....       | 144 |
| 习题 .....                  | 144 |
| <b>第十章 示数装置</b> .....     | 146 |
| § 10-1 示数装置的种类 .....      | 146 |
| § 10-2 标尺指针示数装置 .....     | 147 |
| 习题 .....                  | 149 |
| <b>第十一章 液压传动</b> .....    | 151 |
| § 11-1 压力、流量和功率 .....     | 152 |
| § 11-2 液压泵 .....          | 157 |
| § 11-3 液压缸 .....          | 162 |
| § 11-4 液压控制阀 .....        | 166 |
| § 11-5 液压辅助装置 .....       | 175 |
| § 11-6 液压基本回路 .....       | 177 |
| 习题 .....                  | 182 |

# 绪 言

现代化的机械设备不仅能有效地、大幅度地提高劳动生产率，而且已成为一个国家工业发展水平的重要标志。随着我国四化事业的飞速发展，机械设备已广泛地应用于各个工业生产部门中。科学技术日新月异的发展，促使各工业部门间的技术交融愈来愈深化，各种专业知识之间的联系也愈来愈紧密。因此，对现代生产中的劳动者来说，仅孤立地掌握本工种的专业知识就显得不够了。例如，对一个电工来说，除必须掌握本工种的专业知识外，有关电气设备的结构原理及其制造工艺方面的知识也是必须具备的，这就需要了解大量的机械知识方面的内容。

《机械知识》是技工学校的技术基础课。通过学习，熟悉一些常用的机械知识和有关的国家标准，以便在实际生产中能够认识、分析各种机构的动作原理；了解各种通用机械零件的参数、结构，并能正确应用有关国家标准；熟悉各种液压元件的原理、作用以及它们在液压系统中的应用；熟悉常用金属材料的性能并且有查阅有关资料的能力。

本书共十一章。全书包括公差与配合、常用金属材料、各种通用机械零件及常用机构和液压传动等四大部分。内容涉及较广，各章的相对独立性较大。因此在学习这些基础知识的过程中，应注意以下几点：

一、坚持理论联系实际，尽可能借助日常生活和生产过程中的实例，加深对学习内容的认识和理解。

二、要把学习的重点放在对基本知识的掌握，国家标准的使用，各种机械零件、元件结构原理等应用方面的知识上，培养自己分析和解决实际问题的能力。

三、要逐章地学习、巩固，掌握好所学的知识。认真仔细做好习题，以保证取得良好的学习效果。

# 第一章 公差与配合

## § 1-1 互换性概念

### 一、互换性

在人们生活中，经常遇到工业产品的相同零件之间可以互换的现象。例如，某种型号的电视机显像管坏了，买一个同一规格的显像管装上即可继续收视；某个电灯泡坏了，也可以买一个同一规格的灯泡重新装上，即可照明。同一规格的零件之间这种可调换的性质，就是互换性。

由此可以看出，两个零件之间要进行互换，首先要求规格相同，调换装配时不必进行任何修配加工，而且在互换以后，必须保证产品的技术性能没有改变。

所以，所谓互换性是指同一规格的零件，不需要任何挑选、调整、修配，就能装到机器上去并完全符合规定的技术性能要求。

现代生产中的互换原则是生产力发展所必需的。今天，按照专业化协作的原则进行生产，已成为提高产品质量、降低生产成本、增加经济效益的关键。例如，一辆汽车上有数以千计的零件，这些零件可能是由几家或几十家工厂制造的，最后集中到某厂进行装配。为了使这种专业化的协作生产有可能实现，各厂都必须按某种统一的技术规格要求进行生产，也就是必须确保产品的互换原则，否则就不可能顺利地进行装配。

在装配前、装配过程中、装配以后三个阶段中，对互换性的要求是：装配前不必挑选；装配时不必调整修配；装配后可满足预定的性能要求。

### 二、互换性的基本形式

由于条件与互换内容的不同，零件的互换可以有多种形式。

根据在装配三个阶段中的要求不同，可分为完全互换和不完全互换两种形式。完全满足装配过程中三个阶段的要求的互换叫完全互换。若在装配时允许有附加的挑选、调整的互换是不完全互换。需要修配的就已失去互换性质了。

根据互换性的内容不同，互换性分为：几何要素互换；功能互换。几何要素互换是指零件在尺寸、形状等方面的互换，也只有保证零件间在尺寸、形状等几何要素上的统一要求，零件之间才可以互换装配。所以几何要素的互换也体现了可装配性。满足使用性能要求的互换叫功能互换。

本章研究的内容，是零件几何要素的互换性。

### 三、互换性的重要性

零件的互换性，与生产、使用和日常生活都有着密切的关系：

1. 只有具有互换性才能实现现代生产的专业化协作；

2. 只有具有互换性才可以简化零、部件的设计制造过程, 缩短生产周期, 提高劳动生产率;

3. 互换性可为生产的自动化创造条件;

4. 互换性可以给机器的使用维修带来极大的方便, 有利于用户。

正是由于互换性的这些重要技术经济意义, 才使互换原则成为现代生产中的一个指导原则。即使在单件、小批生产中也是一个需要考虑的问题。生产活动是一种技术经济活动, 因此要科学地处理技术性能上的必要性与经济性的矛盾, 保证使用性能的经济性。所以, 对不同的产品或生产过程, 究竟应该具有什么互换性, 是需要具体分析。例如, 某种产品零件的制造精度很高, 加工非常困难, 若采用完全互换, 就会使生产成本极高, 这时就要具体分析, 在保证使用要求的前提下, 采用什么形式的互换是经济的。这里, 保证使用要求应放在第一位。

#### 四、实现互换性的基本条件

从理论上说, 要保证两个零件几何参数的互换性, 就必须使这两个零件的几何参数完全相同。但由于实际上任何生产过程都不可避免地存在误差, 把零件几何参数制造得绝对准确是不可能的; 而且, 要求零件几何参数绝对准确也是没有必要的。因此, 对同一规格的零件规定统一的技术性能要求标准, 就是实现互换性的基本保证。

所以, 实现互换性的基本条件, 是对同一规格的零件按统一的精度标准制造。

当然, 光有这种统一的精度标准还是不够的。还需要有能实现这种精度标准的工艺手段和测量技术, 以保证和判定是否能达到或已达到这种标准。

## § 1-2 公差与配合基本术语、定义

为了讨论零件几何参数的互换性, 必须首先确定讨论问题的基础。这就是本节要介绍的一系列有关技术术语和定义, 这是研讨问题的共同语言, 是非常重要的。

### 一、尺寸

用特定单位表示长度值的数字叫尺寸。机械工程图上规定的特定单位是毫米。而且在图样上, 毫米单位都省略不标。

长度值的概念应作广义的理解, 它包括: 长度、宽度、高度、深度、直径、半径等。例如图上对某轴的粗细、某孔的大小标出“ $\phi 30$ ”, 即表示该轴或孔的直径是 30 毫米; 又如对某两孔中心间的距离或某两表面间的距离等标出 80, 即表示它们相距为 80 毫米。

长度值一般不包含用角度单位表示的角度值。有关尺寸的术语有以下几个。

#### (一) 基本尺寸

设计时给定的尺寸叫基本尺寸。例如某根圆轴, 设计时在图样上确定的尺寸是  $\phi 80$ , 即其直径为 80 毫米, 这个尺寸就是它的基本尺寸。设计时怎样来确定这个尺寸呢? 通常可采用计算、类比等方法来确定, 并按标准尺寸圆整, 使基本尺寸标准化。基本尺寸标准化有利于简化刀具、量具和型材的规格。孔的基本尺寸用大写字母  $L$  来表示, 轴的基本尺寸用同一个字母的小写表示, 即为  $l$ 。

基本尺寸的意思, 是表示某个零件根据使用要求所必需的基本大小, 而不是要求零件在制造时必须一点不差地获得这个尺寸。它是确定零件在加工后获得尺寸准确度的依据。

## (二) 实际尺寸

通过测量得到的尺寸叫实际尺寸。孔的实际尺寸用字母  $L_a$  表示；轴的实际尺寸用字母  $l_a$  表示。

测量所得到的尺寸，是测量人员使用一定的量具测得的尺寸。由于必然存在各种因素引起的误差，所以，这个尺寸并不反映该尺寸的真实大小，尺寸的真值是难以得到的，工程上也没有追求尺寸真值的必要。

实际尺寸也不是一个一成不变的值。见图 1-1。由图中可以看到，测量时所用的量具不同，量具与被测工件的接触形式不同，所得到的结果也不同。用图 1-1a 和图 1-1b，图 1-1c 的方法测同一个尺寸，测得的结果肯定是不相同的。就是同一个人用同一种方式测量同一个尺寸，其结果也不可能每次都完全相同，所以实际尺寸是个变化的量值。

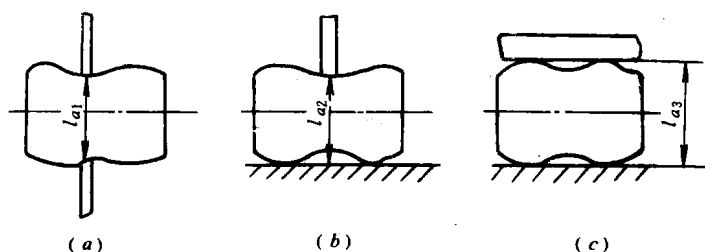


图 1-1 实际尺寸

## (三) 极限尺寸

允许尺寸变化的两个界限值都叫极限尺寸。其中较大的一个叫最大极限尺寸；较小的一个叫最小极限尺寸。

例如，在机械工程上我们给定了某一个零件的某个基本尺寸为 50 毫米，在实际加工中由于各种误差因素的存在，要一点不差地获得这个尺寸是不可能的。也就是说，这种不允许有任何变化的尺寸是无法制造的。为此，给它规定一个变化的限度，如规定该尺寸实际加工后只要在 49.7 毫米至 50.5 毫米之间就是允许的。那么 49.7 毫米与 50.5 毫米就是极限尺寸，分别为最小极限尺寸和最大极限尺寸。

最大极限尺寸孔用  $L_{\max}$  表示，轴用  $l_{\max}$  表示。最小极限尺寸孔用  $L_{\min}$  表示；轴用  $l_{\min}$  表示。

由此可知，极限尺寸和基本尺寸一样也是在设计时规定的，它表示，加工以后的实际尺寸在其范围内就是合格的。

孔的合格条件是： $L_{\max} \geq L_a \geq L_{\min}$

轴的合格条件是： $l_{\max} \geq l_a \geq l_{\min}$

设计时，极限尺寸是以基本尺寸为基数，按预定的性能要求而规定的。极限尺寸和基本尺寸之间的关系有以下几种形式：

1. 两个极限尺寸规定得都大于基本尺寸；
2. 两个极限尺寸规定得都小于基本尺寸；
3. 最大极限尺寸大于基本尺寸，最小极限尺寸小于基本尺寸；
4. 最大极限尺寸等于基本尺寸，最小极限尺寸小于基本尺寸；
5. 最大极限尺寸大于基本尺寸，最小极限尺寸等于基本尺寸。

## (四) 孔和轴

机械中，最典型的装配形式是孔与轴的装配关系。装配后，孔以其内表面包容轴的外表面。所以国家标准中孔的定义是，**指圆柱形的内表面，也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分**。如图 1-2 所示，尺寸  $\phi 16$ 、16、18、20 等都可以称作是孔的尺寸。因为这些尺寸都是内表面尺寸，除  $\phi 16$  外，其它如 16、18、20 都是非圆柱形内表面中的单一尺寸，符合定义，都可以叫作孔。所谓单一尺寸，就是指内表面中某一个尺寸的意思。

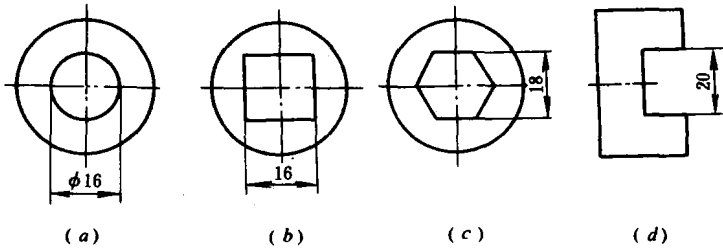


图 1-2 孔

从图 1-2 中可以看出，凡是能定义为孔的尺寸，都是可以形成包容状态的尺寸。即是可以形成包容状态的两条线之间或两个面之间的尺寸。如图 1-2c 中的尺寸 18，就是内六角孔上下两个面之间的尺寸，在这上下两个面中间没有材料，是空的，所以它可以形成包容状态，因此是孔。再看图 1-2d，槽子上下两个面之间的尺寸是 20，这两个面之间也没有材料，是空的，可以形成包容状态，毫无疑问，仍然是孔。

由此可知，任何内表面中某个尺寸所关联的两个面或线之间，只要没有材料，是空的，就可以形成包容状态，亦可以定义为孔。

标准中轴的定义是：**指圆柱形的外表面也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分**。如图 1-3 所示。

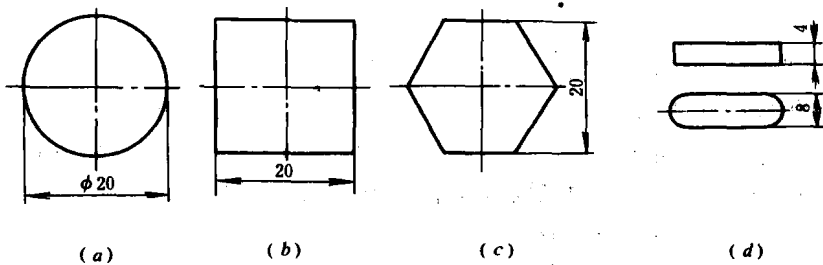


图 1-3 轴

图中  $\phi 20$ 、20、20、4、8 等尺寸都是轴的尺寸。因为这些尺寸都是外表面尺寸，除  $\phi 20$  是圆柱形外表面外，其它尺寸都是非圆柱形外表面中由单一尺寸确定的部分。

从图 1-3 中同样可以看出，凡是能定义为轴的尺寸，必然是可以形成被包容状态的尺寸，即是可以形成被包容状态的两条线或两个面之间的尺寸，如图中方形尺寸边长 20；外六角上下两个面之间的尺寸 20；键的厚度尺寸 4、宽度尺寸 8。

由此可知，任何表面中某个尺寸所关联的两个面或线之间，只要其外部没有材料，则都可以形成被包容状态，都可以定义为轴。

由于零件的形状是较复杂的，一个零件上的尺寸，并非一定形成被包容状态，或包容状

态。有的尺寸既不属于包容又不属于被包容状态，见图 1-4 中的尺寸  $D$ ，这类尺寸既非孔，又非轴。其特点是该尺寸所关联的两个面，其中一个面外部无材料。另一个面外部有材料，所以该尺寸内部不是全空，尺寸外部也不是全空。

由孔、轴的定义可以判断出，图 1-4 中，尺寸  $A$ 、 $C$  为轴；尺寸  $B$  为孔；尺寸  $D$  是非孔非轴。

例：分析判断图 1-5 中的尺寸  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $l_1$ 、 $l_2$  哪些是孔？哪些是轴？哪些是非孔非轴？

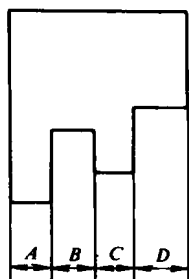


图 1-4

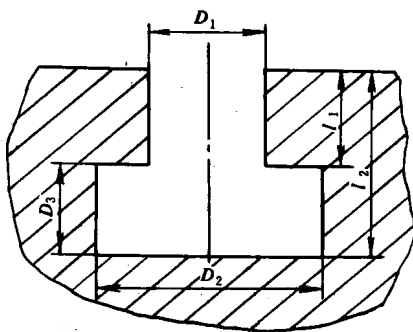


图 1-5

根据定义：由单一尺寸  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  所确定的部分都是孔；由单一尺寸  $l_1$  所确定的部分是轴；由尺寸  $l_2$  确定的部分为非孔非轴。

一般深度尺寸都属于非孔非轴尺寸。

为什么要讨论孔与轴的问题呢？前已述，由于孔、轴的配合是典型的装配关系形式，所以公差配合国家标准，主要是针对相互配合的孔、轴尺寸公差带作出的规定。在应用标准时，需按照不同的标准规定执行，因而就必须从一个零件的众多尺寸中，把它们区别开来。

## 二、偏差与公差

### （一）偏差

例如某个实际尺寸是 35.04 毫米，而该尺寸在设计时确定的基本尺寸是 35 毫米，把 35.04 减去 35 所得的代数差 0.04 毫米，即为该尺寸的偏差。由此可以看出，偏差含义的实质，是某尺寸相对其基本尺寸偏离的数值，偏离越大，则偏差越大。所以，国标中偏差的定义是：

**某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差叫偏差（又称尺寸偏差）。**

在机械工程上常用的尺寸是：最大极限尺寸；最小极限尺寸；实际尺寸三种。上述定义中的某一尺寸，就是指这三个尺寸中的某一个。因此又可把偏差具体划分为实际偏差和极限偏差。

### （二）实际偏差

**实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差就叫实际偏差。**可用下式表示：

$$\text{孔的实际偏差：} E_a = L_a - L$$

$$\text{轴的实际偏差：} e_a = l_a - l$$

实际偏差是加工以后产生的，由于加工以后的实际尺寸可能大于基本尺寸；或者小于基本尺寸；或者恰好等于基本尺寸。因此，实际偏差可能是一个正值、也可能是一个负值、也有可能等于零。这种数值只能是个代数值，其前面必然带有“+”、“-”号。

### （三）极限偏差

**极限偏差，就是极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。**

由于极限尺寸有两个，所以又把极限偏差分为上偏差和下偏差。

上偏差是最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔的上偏差用符号“ES”表示，轴的上偏差用小写的“es”表示。因此，上偏差可用下式表示：

$$\text{孔的上偏差为：} ES = L_{\max} - L$$

$$\text{轴的上偏差为：} es = l_{\max} - l$$

下偏差是最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔的下偏差用符号“EI”表示，轴的下偏差用“ei”表示。因此下偏差可用下式表示：

$$\text{孔的下偏差为：} EI = L_{\min} - L$$

$$\text{轴的下偏差为：} ei = l_{\min} - l$$

前面讲过，极限尺寸是可以大于、可以小于或其中某一个也可以等于基本尺寸的，所以上、下偏差有可能都为正值、或均为负值，也有可能一个为正另一个为负、或其中一个等于零。它们也必然是代数值，其值前面都应带有“+”、“-”号。但上偏差总是大于下偏差。因为极限尺寸和基本尺寸都是设计时确定的，所以，由上、下偏差组成的极限偏差也必然是设计时确定的，而不是在加工后得到的。极限偏差是表示零件尺寸允许的变动界限。零件加工后某尺寸的实际偏差只要处在上、下偏差之间，则该尺寸就为合格。

所以，零件合格条件也可表示为以下形式：

$$\text{孔的合格条件：} ES \geq E_a \geq EI$$

$$\text{轴的合格条件：} es \geq e_a \geq ei$$

例：已知某轴直径的基本尺寸为  $\phi 40$  毫米，加工后测得的实际尺寸为  $\phi 40.006$  毫米；最大极限尺寸为  $\phi 40.008$  毫米，最小极限尺寸为  $\phi 39.992$  毫米，试求  $es$ 、 $ei$ ？并判断该尺寸是否合格？

解：

$$es = l_{\max} - l = 40.008 - 40 = +0.008 \text{ 毫米}$$

$$ei = l_{\min} - l = 39.992 - 40 = -0.008 \text{ 毫米}$$

$$e_a = l_a - l = 40.006 - 40 = +0.006 \text{ 毫米}$$

所以， $es > e_a > ei$ ，该尺寸合格。

极限偏差在图样上的标注方法一般是将带有相应的“+”、“-”号的上、下偏差值（包括零），用比基本尺寸小一号的数字标注在基本尺寸的右边。如下边形式：

$$\begin{array}{c} \text{上偏差} \\ \text{基本尺寸数值} \\ \text{下偏差} \end{array}$$

对孔来说就是写成  $L_{\text{上}}^{\text{下}}$  的形式；对轴来说，就是写成  $l_{\text{上}}^{\text{下}}$  的形式。如图 1-6 所示。

由极限尺寸、基本尺寸可以计算极限偏差，相反，已知极限偏差也可以求出极限尺寸。

例：根据图 1-6a 所示，试求出两个极限尺寸。

$$\text{解：} \quad es = l_{\max} - l$$

$$l_{\max} = es + l$$

$$l_{\max} = +0.042 + 40 = 40.042 \text{ 毫米}$$

$$\text{又因 } ei = l_{\min} - l$$

$$\text{所以 } l_{\min} = ei + l = +0.017 + 40 = 40.017 \text{ 毫米}$$

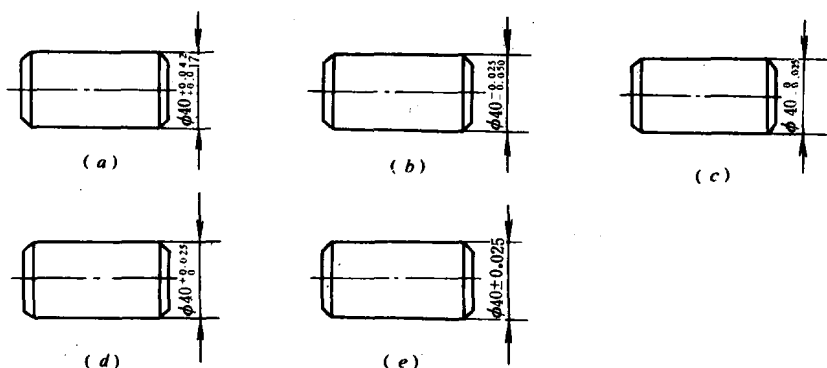


图 1-6 极限偏差标注示例

例：根据图 1-6b 所示，试求其两个极限尺寸。

解：从上例中我们知：

$$l_{\max} = es + l = -0.025 + 40 = 39.975 \text{ 毫米}$$

$$l_{\min} = ei + l = -0.050 + 40 = 39.95 \text{ 毫米}$$

由此可知，在运用偏差进行计算时，一定要把偏差的符号，即“+”、“-”号一起代入计算式中进行运算。

#### (四) 公差

因为要获得一个绝对准确的尺寸是不可能的，也是没有必要的，所以，在机械工程设计中就规定了上、下偏差，即规定了两个极限尺寸，而且只要加工后的实际尺寸处在两个极限尺寸之间就为合格。很明显，两个极限尺寸之间的这个范围，就是实际尺寸合理的允许变动范围，所以国标把公差定义为：

**允许尺寸的变动量就叫公差。**

由定义可知，公差是某种区域大小数量指标，因此它不可能是代数值，只能是绝对值。所以，在公差的前面不带“+”、“-”号。公差也不会等于零。若公差为零，就是允许的变动的范围等于零，即不允许尺寸有任何一点变动，这在工程上是不可能实现的。

由定义还知道，既然公差是两个极限尺寸之间的范围，因而在数值上应该等于两个极限尺寸之差的绝对值。若我们用  $T_h$  代表孔的公差，用  $T_s$  代表轴的公差，则可以写成如下的形式：

$$\text{孔公差为：} T_h = |L_{\max} - L_{\min}|$$

$$\text{轴公差为：} T_s = |l_{\max} - l_{\min}|$$

由于极限偏差与极限尺寸具有相同的性质，所以可以分别用上偏差代替最大极限尺寸，用下偏差代替最小极限尺寸，把上式改写如下：

$$\text{孔公差为：} T_h = |ES - EI|$$

$$\text{轴公差为：} T_s = |es - ei|$$

例：根据图 1-6b 中的尺寸  $\phi 40_{-0.050}^{+0.033}$ ，试求其公差。

解：因为图中所示零件是轴，故

$$T_s = |es - ei| = (-0.025) - (-0.050) = 0.025 \text{ 毫米}$$

由此可知，在用偏差求公差时，也必须把偏差前面的“+”、“-”号代入式中运算。

极限偏差与公差，是既有区别又有联系的两个重要概念。两者都是设计规定的值。公差等于上、下极限偏差之差的绝对值。但公差的大小表示了对一批零件要求的尺寸均匀程度，表示了对零件加工精度高低的要求，不能用公差来判断零件是否合格。极限偏差的大小表示的才是尺寸大小允许变动的界限，是代数值。因而极限偏差是判断尺寸是否合格的依据。

极限尺寸、极限偏差、公差可用图形表示，见图 1-7。

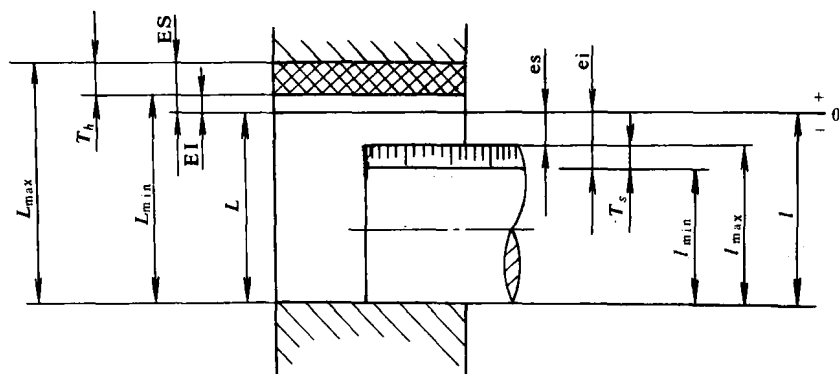


图 1-7

#### (五) 公差带与公差带图

见图 1-7，其中代表 ES 和 EI 的两条平行直线间带有网格状的区间就是孔的公差带，右侧代表 es 和 ei 的两条平行直线间的区间（有直线阴影的部分）就是轴的公差带。公差带是表示公差所限定的那个区域。

所以，由代表两极限偏差或两极限尺寸的两平行直线所限定的区域就叫公差带。

在实用中，为了方便，可用图形把公差带表示出来，称为公差带图。公差带图的画法，可按下述程序进行。

例：某一孔的尺寸是  $\phi 60^{+0.01}_{-0}$  毫米，试画出其公差带图。

第一步，在图纸上画一条直线，一般水平放置，见图 1-8，作为零线。零线的意思可以理解为基本尺寸的界线，也是计量偏差时的起始线，即偏差等于零的线。所以在线的一端标符号“0”，在线的下方标基本尺寸的尺寸线，并注上基本尺寸值。零线的上方，注有符号“+”，表示从零线开始，往上是正偏差值，零线下方注有符号“-”，表示下边代表负偏差值。

有了这条基准线，就可以根据具体尺寸的数值画出代表上、下偏差的两条平行线。

第二步，按一定的比例，根据极限偏差的“+”、“-”号和大小，画出公差带，见图 1-8 中的两条平行直线。图中代表上偏差 ES 的等于  $+0.01$  毫米的那条直线是放大了 1000 倍画的。因下偏差 EI=0，所以代表下偏差的那条直线和零线重合，这样就画出了孔的公差带。

按一定的比例放大画代表极限偏差的直线是因为极限偏差一般都很小，只有百分之几或千分之几毫米。自零线起，要量出这样小的距离是非常困难的。基本尺寸一般都比较大大，而且在公差带图上只画出一条基本尺寸的界线，所以，用来画极限偏差的比例对基本尺寸没有影响。不管画图时使用的比例如何，在图上标注极限偏差值时，必须按原数值标注。

由于任何一条直线都可以无限延伸，为了使公差带图简单明了，通常用两条垂直于偏差线的直线把公差带画成一个适当大小的长方形（见图 1-9），并且在孔的公差带图中画出剖面线，轴的公差带图中画网纹，以示区别。该图表示孔的尺寸是  $\phi 10^{+0.014}_{-0.005}$ ，轴的是  $\phi 10^{+0.005}_{-0.010}$ 。

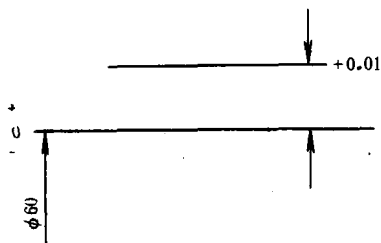


图 1-8 公差带图

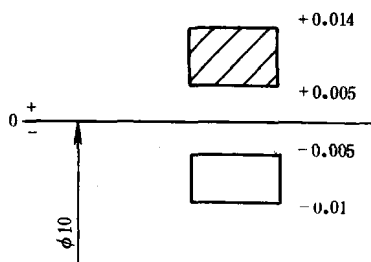


图 1-9 公差带

从公差带图上可以看出，公差的大小决定了公差带的大小。若公差值不同，公差带的宽度就不同。公差带图还向我们说明，公差带相对于零线位置的远近，取决于极限偏差的大小。在图 1-9 中，孔公差带相对于零线位置的远近是由下偏差  $+0.005$  毫米决定的，若改变这个数值，其公差带的位置也就随着改变。公差带的宽度取决于公差值  $0.009$  毫米，若改变这个数值，公差带的大小也发生改变。所以，要完全确定一个公差带就必须确定公差的大小和极限偏差的大小。

公差带的大小和位置是决定尺寸公差带的两个基本要素。

例：已知某孔的尺寸为  $\phi 30^{+0.033}_{+0}$  毫米，某轴的尺寸为  $\phi 30^{-0.02}_{-0.041}$  毫米，试画出它们的公差带图。

解：首先作一水平直线为零线并标出有关尺寸和符号，取  $1000:1$  的比例画极限偏差线。因为  $ES = +0.033$  毫米，放大  $1000$  倍就是  $33$  毫米，又是正值，所以从零线开始，垂直往上量取  $33$  毫米的距离作一水平短线，即代表上偏差，由于  $EI = 0$ ，所以代表下偏差的直线和零线重合。两端用两条垂线封闭并画上剖面线即得孔公差带图，见图 1-10。

接着可画轴  $\phi 30^{-0.02}_{-0.041}$  毫米的公差带图，因为它和前面孔的基本尺寸相同，所以可以共用一根零线，画在一个图上，其画法就不重复了，见图 1-10。

例：已知某轴尺寸为  $\phi 30^{+0.049}_{+0.028}$  毫米，另一根轴的尺寸为  $\phi 30^{-0.02}_{-0.041}$  毫米，试画出它们的公差带图，并比较它们公差带的异同点。

解：图 1-11 为它们的公差带图。

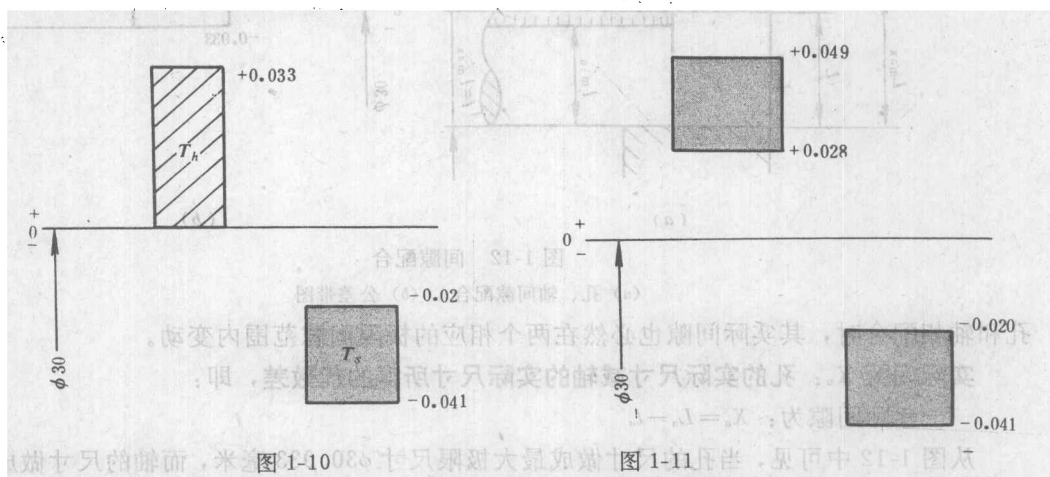
因这两个公差带的公差值都是  $0.021$  毫米，所以，它们的公差带大小相同，即公差带的宽度相同。

由于决定这两个公差带相对于零线位置的极限偏差大小与符号不同，一个为  $+0.028$  毫米，另一个为  $-0.02$  毫米，所以其公差带相对于零线的位置就不同。因此，即使公差带的大小相同，也可由于极限偏差的不同而具有不同的位置。

### 三、配合

#### (一) 配合

图 1-7，就是孔与轴的一种配合形式。从图中我们可以看出，孔、轴相互配合，必定是孔的内表面包容轴的外表面；相互结合的孔与轴，二者的基本尺寸应相等，同时还可以看出孔公差带与轴公差带间的相互位置关系。孔的公差带在零线的上方，而轴的公差带在零线的下方；两公差带的这种关系说明了轴一定比孔小，所以二者配合以后是很松的。改变相配合的孔、轴之间公差带的这种关系，势必引起配合的松紧发生变化。所以，配合的状况，就反映了在一定条件下，配合件二者公差带的关系。



**配合就是基本尺寸相同的，相互结合的孔和轴的公差带之间的关系。**

相互配合的孔与轴，虽然其基本尺寸相同，但由于各自公差带的位置不同，所以，配合时孔与轴的实际尺寸，一般是不相同的，当然在特定条件下也可能相同。

## (二) 间隙或过盈

当孔与轴相配合时，有的可能很松，有的可能较紧。配合以后的松紧状况，取决于相配合的孔、轴实际尺寸之间的关系。松配合，显然是由于孔的尺寸比轴的尺寸略大。此时，我们说它们之间有间隙；当孔小于轴时，则说它们之间存在过盈。所以：

**间隙或过盈，就是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，是间隙；为负时，是过盈。**

间隙可用字母  $X$  表示；过盈可用字母  $Y$  表示。

根据相互结合的孔轴之间间隙或过盈的状况，把配合分成三大类。即分为间隙配合，过盈配合和过渡配合。

## (三) 间隙配合

**具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合叫间隙配合。**

例：有一对相互配合的孔与轴见图 1-12。其尺寸是：孔为  $\phi 30^{+0.033}_0$  毫米，轴为  $\phi 30_{-0.033}^0$  毫米，试画出其公差带，并分析配合状况。

因为孔加工以后的实际尺寸，只能在  $\phi 30$  至  $\phi 30.033$  毫米之间，而轴加工以后的实际尺寸只能在  $\phi 29.967$  至  $\phi 30$  毫米之间，所以不管孔、轴实际尺寸各处在其公差带内什么位置，孔总是大于轴，即存在间隙。

具有间隙的意思，包含着两个方面。一种含意是，只要是间隙配合的孔与轴，不论孔、轴各自的尺寸在其本身公差带内处于什么位置，配合以后都存在间隙。另一种含意也可以是，只要是间隙配合的孔与轴，不管其批量是多少，一批内任何一个孔与任何一个轴相配合，都存在间隙。

从图 1-12 中可以看到，间隙配合时，孔的最小极限尺寸大于或等于轴的最大极限尺寸。而且间隙配合时，孔、轴公差带的关系是：孔的公差带完全处于轴公差带的上方。

由于加工以后孔和轴的实际尺寸都是在各自的两个极限尺寸之间变动，所以一批这样的