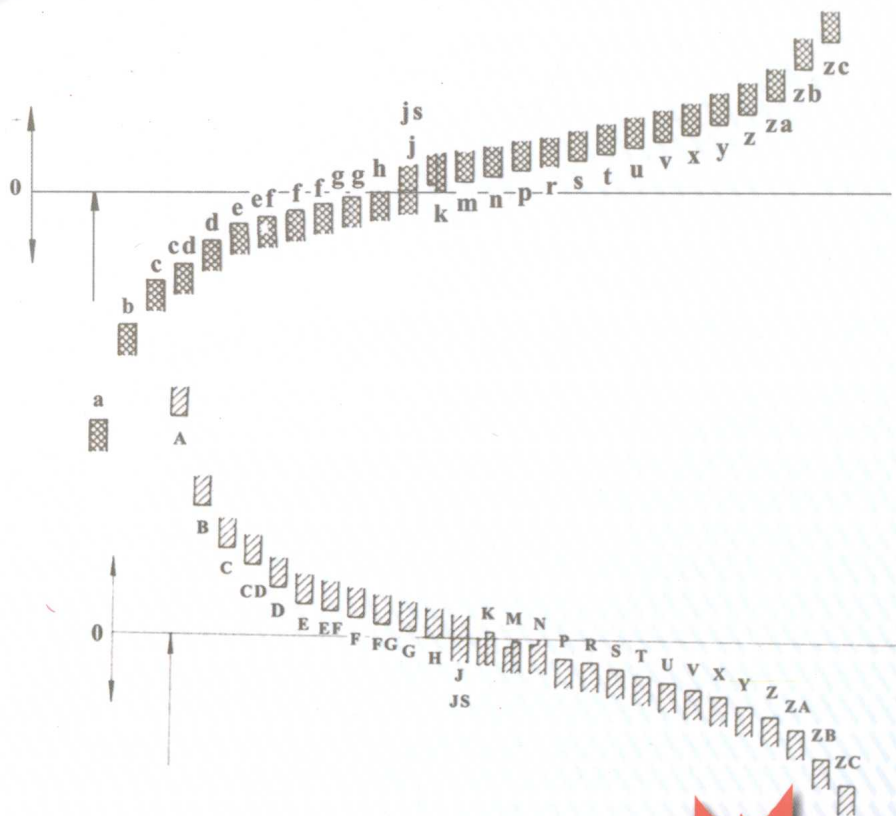


中等职业技术学校机械类专业通用教材

# 公差配合与 技术测量

曾秀云 编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



配有习题集  
免费电子教案

GONGCHA PEIHE YU JISHU CELIANG

本书是根据教育部职业技术教育司及劳动保障部颁发的《公差配合与技术测量教学大纲》，并结合中等职业技术学校实际教学特点编写的。

本书由四章组成，主要内容包括：尺寸公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度、技术测量的基本知识、常用的计量器具及光滑工件尺寸的检测等。

本书可供中等职业技术学校机械类专业使用，也可作为高、中级技能人才培养教材和机械工人自学用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

公差配合与技术测量/曾秀云编. —北京：机械工业出版社，2007.7

中等职业技术学校机械类专业通用教材  
ISBN 978-7-111-21703-9

I. 公… II. 曾… III. ①公差-配合-专业学校-教材  
②技术测量-专业学校-教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 091459 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：何月秋

责任编辑：吴天培 版式设计：霍永明 责任校对：程俊巧

封面设计：马精明 责任印制：洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 8 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 9.5 印张 · 232 千字

0 001—5 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-21703-9

定价：17.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 88379080

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

本教材是根据教育部职业技术教育司机械类通用工种教学计划及部分专业课程教学大纲审定会审定的公差配合与技术测量教学大纲，结合全国职业教育机械专业教学计划的要求、目的和特点，本着职业教育教材改革的精神编写的。

《公差配合与技术测量》是一门实践性较强的专业基础课，技术含量较高。

本教材主要具有以下特色：

- (1) 选材范围 选材采用最新的国家标准、行业标准和国际标准等。
- (2) 叙述形式 本教材力求用最少篇幅，使用通俗易懂的语言，深入浅出地说明术语、定义和公式。
- (3) 适用性 本教材学习目标明确，教学内容符合职业标准及企业生产的实际需要，归纳总结性好，适用于培养实用型人才。
- (4) 衔接性 与企业培训和其他类型教育相沟通，与国家职业资格证书体系相衔接。
- (5) 实践性 着眼于理论联系实际，注重实践教学环节，加强了生产实习教学和技能训练，实现教学与生产结合。

全书共分四章，建议课时分配如下（供参考使用）：

章 序	课 程 内 容	课 时
	绪论	1
第一章	尺寸公差与配合	15
第二章	形状和位置公差	18
第三章	表面粗糙度	6
第四章	技术测量	12
	机动	4
	合计	56

与教材配套的有相应的习题集和电子教案。习题集另册出版，电子教案可在 <http://www.cmpbook.com> 和 <http://www.cmpedu.com> 网站免费下载。

本教材主要适用于技校、中专、各种短训班机械加工、修理等职业的专业基础知识教学。

由于编写时间仓促，书中缺点和错误在所难免，诚挚希望使用本书的教师和广大读者批评指正，以便修改完善。

编 者

# 目 录

前言

绪论 ..... 1

  复习思考题 ..... 3

第一章 尺寸公差与配合 ..... 4

  第一节 基本术语及其定义 ..... 4

  第二节 标准公差系列 ..... 12

  第三节 基本偏差系列 ..... 14

  第四节 基准制 ..... 22

  第五节 公差带与配合的选用 ..... 27

  本章小结 ..... 32

  复习思考题 ..... 34

第二章 形状和位置公差 ..... 36

  第一节 概述 ..... 36

  第二节 形位误差和形位公差 ..... 39

  第三节 形位公差的标注 ..... 49

  第四节 公差原则 ..... 54

  第五节 形位公差的定义和  
  解释 ..... 62

  本章小结 ..... 78

  复习思考题 ..... 79

第三章 表面粗糙度 ..... 83

  第一节 表面粗糙度概述 ..... 83

  第二节 表面粗糙度的评定 ..... 85

  第三节 表面粗糙度符号、代号及  
  标注 ..... 90

  第四节 表面粗糙度的应用及  
  检测 ..... 97

  本章小结 ..... 98

  复习思考题 ..... 99

第四章 技术测量 ..... 100

  第一节 技术测量的基础知识 ..... 100

  第二节 常用长度计量器具 ..... 104

  第三节 常用角度计量器具 ..... 113

  第四节 光滑工件尺寸的检测 ..... 119

  本章小结 ..... 125

  复习思考题 ..... 126

附录 ..... 129

  附录 A 轴的极限偏差 ..... 129

  附录 B 孔的极限偏差 ..... 138

参考文献 ..... 146

# 绪 论

## 一、互换性概述

### 1. 互换性的含义

制成的同一规格的一批零（部）件，不需作任何挑选、调整或辅助加工（如钳工修理），就能进行装配，并能满足机械产品的使用性能要求的一种特性，称为互换性。具有这种特性的零（部）件称为具有互换性的零部件。能够保证零（部）件互换性的生产，称为遵循互换性原则的生产。

在日常生活中，有大量现象涉及到互换性。例如，手中的圆珠笔的笔芯没水了，买一支相同的笔芯装上就行了；杯盖不小心打烂了，买个相同的规格的杯盖盖上就行了；冰箱、电视机、洗衣机等小家电中的零部件，若有损坏，只需换一个新的即可正常使用。

### 2. 互换性的种类

按其程度和范围的不同可分为完全互换性（又称绝对互换性）与不完全互换性（又称有限互换性）。

若零件在装配或更换时，不需选择、不需调整与修配，就能满足零件的使用性能要求，其互换性称为完全互换性。当装配精度要求较高时，加工困难，这时可采用不完全互换性。所谓不完全互换性，就是在装配前允许有附加的选择，装配时允许有附加的调整但不允许修配，装配后能满足预期的使用要求。

分组装配法即属典型的不完全互换性。当机器上某些部位的装配精度要求很高时，可将零件的制造公差适当放大，使之便于加工，加工后，零件按尺寸大小分成若干组，使每组零件之间的实际尺寸差别减小，装配时则按相应组进行（例如，大孔与大轴相配，小孔与小轴相配）。这种分组装配法，既可保证装配精度和使用要求，又能解决加工困难，降低成本。此时，仅组内零件可以互换，组与组之间不可互换。

在实际中生产一般都广泛应用完全互换性，而不完全互换只用于部件或机构在制造厂内部的装配，至于厂外协作，即使产量不大，也通常采用完全互换。

### 3. 互换性的技术经济意义

互换性是现代化生产的一项重要技术经济原则，互换性原则广泛用于机械制造中的产品设计、零（部）件的加工和装配、机器的使用和维修等各个方面。

(1) 在设计方面 按照互换性要求设计产品，最适合选用互换性的标准零部件、通用件，使设计、计算、制图等工作大为简化，且便于用计算机进行辅助设计，缩短设计周期，这对发展系列产品十分重要。

(2) 在制造方面 按互换性原则组织生产，各个工件可分散加工，实现专业化协调生产，便于用计算机辅助制造，以提高产品质量和生产率，降低成本。

(3) 在装配方面 由于零（部）件具有互换性，可提高装配质量，缩短装配周期，便于实现装配自动化，提高装配生产率。

(4) 在使用维修方面 由于具有互换性，若零（部）件坏了，可方便地用备用件替换，

这样不但缩短维修时间和保证了维修质量，又提高了机器的利用率和延长机器的使用寿命。

## 二、加工误差和公差

要使零件具有互换性，就必须保证零件几何参数的准确性。但是，零件在加工过程中总是存在误差，而且，这些误差可能会影响到零件的使用性能。如何解决这个问题呢？实践证明，只要将这些误差控制在一定范围内，即按“公差”来制造，仍能满足零件使用功能要求，也就是说仍可以保证零件的互换性要求。公差是指零件的几何参数允许的变动全量，它主要包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。

## 三、公差标准和标准化

### 1. 公差标准

既然要用公差来控制几何量误差，则必须确定公差的大小和零件几何参数的相关要求，即必须制定公差标准。公差标准是一项技术标准，要实现互换性，就要严格按照统一的技术标准进行设计、制造、装配、检验等。因为现代制造生产规模大、分工细、协作多、互换性要求高。因此，必须严格按技术标准协调各个生产环节，才能使分散、局部生产部门和生产环节保持技术统一，使之成为一个有机的生产系统，以实现互换性生产。

技术标准作为设计、科研、制造、检验和工程技术、技术设备、产品等的依据，种类繁多，一般为基础标准、方法标准、产品标准、安全卫生与环保标准等。本课程所介绍的公差配合标准等都属基础标准。

### 2. 标准化

标准化是指在制定标准、组织实施标准和对标准实施进行监督的社会活动的全过程，是一项重要的技术措施。各国经济发展的过程表明，标准化是实现和组织现代化生产的重要手段之一，也是反映现代化水平的重要标志之一。同时，它又是联系科研、生产、物流、使用等方面的纽带，是社会经济技术合理化的技术基础，还是发展经贸、提高产品在国际市场竞争能力的技术保证。此外，在制造业中，标准化是实现互换性生产的基础和前提。随着科学技术和经济的发展，我国的标准化工作的水平日益提高，在发展产品种类、组织现代化生产、提高产品质量、确保互换性、实现专业化协作生产、加强企业科学管理和产品售后服务等方面发挥了积极的作用，推动了技术、经济和社会的发展。

总之，标准化直接影响科技、生产、贸易、管理、环境保护、安全卫生等许多方面，必须坚持贯彻执行标准，不断提高标准化水平。

## 四、本课程的性质和任务

### 1. 本课程的性质

《公差配合与技术测量》是中等职业技术学校机械类专业的一门技术基础课。它较全面地讲述机械加工中有关尺寸公差、形位公差、表面粗糙度等国家标准和测量的基本知识。本课程的设置，是为了给专业课和生产实习打下必要的基础。

### 2. 本课程的任务

通过本课程的学习，应使学生熟练掌握公差与配合的基本术语和基本方法；熟悉形位公差代号和表面粗糙度代号及标注的含义；掌握常用量具量仪的结构和使用方法；合理地解决产品使用要求与制造工艺之间的矛盾，并能根据不同零件选用适当的计量器具进行测量。

### 复习思考题

1. 什么叫互换性？按互换性原则组织生产有什么技术经济意义？
2. 互换性有哪些种类？试比较它们的异同点。
3. 互换性是否只适用于大批量生产？
4. 什么叫标准化？试述它在现代化生产中的意义。
5. 本课程的性质和学习任务是什么？

# 第一章 尺寸公差与配合

**学习目标：**掌握尺寸公差与配合的基本术语及定义；了解基本偏差系列和标准公差系列；熟悉公差配合的标注知识。

“公差与配合”是一项应用广泛的重要基础标准，几乎涉及国民经济的各个部门，在机械工业中具有非常重要的作用。目前世界各国广泛采用的公差与配合的标准是国际公差制，它由国际标准化组织（ISO）在总结世界各国公差与配合标准的基础上发展并建立起来的一种较完整、科学的新型极限与配合制体系，其基本结构由“极限与配合”和“测量与检验”两大部分构成。

我国最早采用的极限与配合的国家标准是 GB159 ~ 174—1959，由国家科委正式颁布于 1959 年，称为《公差与配合》国家标准。该标准颁发后，在生产中得到广泛的应用，对我国国民经济的发展，特别是机械工业的发展起了重要的作用。但是在进入 20 世纪 70 年代后，随着机械工业的迅速发展，特别是我国与世界各国的技术、经济交流日益频繁，此标准存在精度等级偏低、配合种类较少、大尺寸标准不符合生产实际及其规律差等缺点，已明显不适合生产技术发展的要求和实际需要。为此我国开始采用国际公差制，以 ISO/R286—1962 等国际标准为依据，结合我国的具体情况，对该标准进行了修订，于 1979 年批准颁布了公差与配合新的国家标准 GB1800 ~ 1804—1979。

进入 20 世纪 90 年代后，由于科学技术的飞跃发展，产品的精度不断提高，国际技术和经济的交流更进一步向深度和广度发展。为了适应新的形势发展的需求，使公差与配合的国家标准能更好地与国际标准接轨，同时考虑到国际标准的修订，我国先后对 1979 年颁发的公差与配合的国家标准进行了较大幅度的修订。修订后的标准为 GB/T 1800.1—1997《极限与配合 基础 第 1 部分：词汇》、GB/T 1800.2—1998《极限与配合 基础 第 2 部分：公差、偏差和配合的基本规定》、GB/T 1800.3—1998《极限与配合 基础 第 3 部分：标准公差与基本偏差数值表》、GB/T 1801—1999《极限与配合 公差带与配合的选择》、GB/T 1803—2003《极限与配合 尺寸至 18mm 孔、轴的公差带》、GB/T 1804—2000《一般公差

未注公差的线性 and 角度尺寸的公差》。为保证上述标准的正确的贯彻实施，同时还制订了以下测量与检验方面的标准：GB/T 3177—1997《光滑工件尺寸的检验》、GB/T 1957—2006《光滑极限量规 技术条件》、GB/T 6322—1986《光滑极限量规型式与尺寸》、GB/T 16857.2—1997《坐标计量学 第 2 部分：坐标测量机的性能评定》。在此就以修订后的最新国家标准进行介绍其基本内容。

## 第一节 基本术语及其定义

### 一、孔和轴的术语及其定义

习惯上孔和轴是指圆柱形的内、外表面，但国家标准中，孔和轴的定义更为广泛。



## 1. 孔

(1) 孔的定义 通常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），如图 1-1 所示。

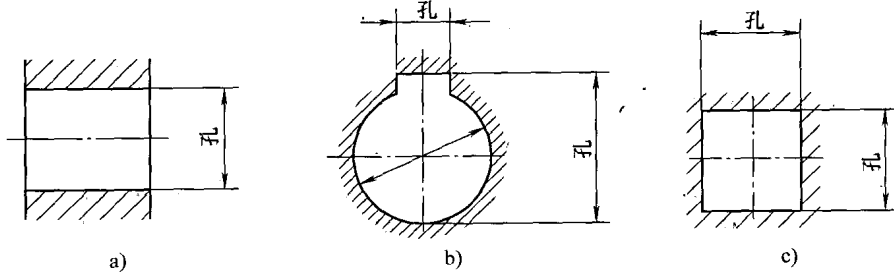


图 1-1 孔

## (2) 孔的特点

- 1) 零件装配后孔为包容面。
- 2) 在加工过程中，孔的尺寸由小变大。

## 2. 轴

(1) 轴的定义 通常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），如图 1-2 所示。

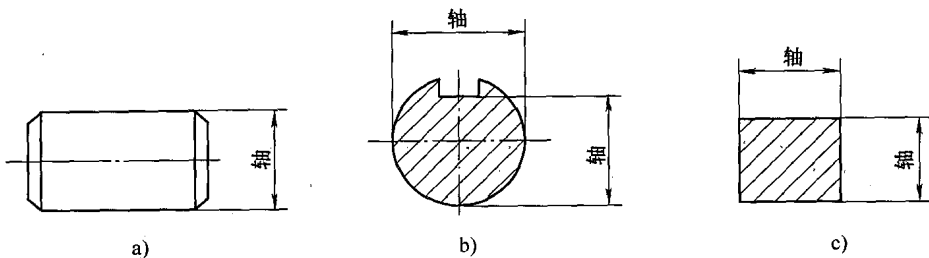


图 1-2 轴

## (2) 轴的特点

- 1) 零件装配后轴为被包容面。
- 2) 在加工过程中，轴的尺寸由大变小。

## 二、尺寸术语及其定义

### 1. 尺寸的定义

尺寸是指用特定单位表示线性尺寸值的数值。

### 2. 尺寸的组成

尺寸由数值和特定单位两部分组成，如 30mm（毫米）、60 $\mu$ m（微米）等。国标中规定，在机械加工中，通常均以 mm 作为尺寸的特定单位，如以此为单位时，可省略单位的标注，仅标注数值。采用其他单位时，则必须在数值后注写单位。

### 3. 尺寸的范围

尺寸包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。

#### 4. 常见的尺寸

(1) 基本尺寸 是指通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸的尺寸（即图样上标注的尺寸）。孔的基本尺寸用“ $D$ ”表示；轴的基本尺寸用“ $d$ ”表示（标准规定：大写字母表示孔的有关代号，小写字母表示轴的有关代号，下同）。

基本尺寸由设计给定，设计时可根据零件的使用要求，通过计算、试验或类比的方法确定。为了减少定值刀具（如钻头、铰刀等）、量具（如量块等）、型材和零件尺寸的规格，国家标准已将尺寸标准化。因而基本尺寸应尽量选取标准尺寸。

(2) 实际尺寸 是指通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。孔、轴的实际尺寸代号分别为  $D_a$ 、 $d_a$ 。由于测量时不可避免地存在测量误差，因此所得的实际尺寸并非尺寸的真实值。同时，由于零件表面存在着形状误差，使得同一表面上不同位置的实际尺寸往往也不一定相等，如图 1-3 所示。

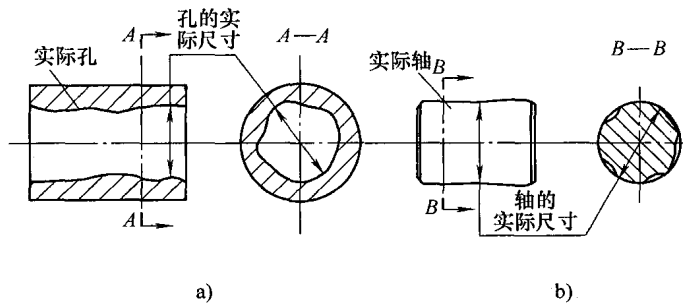


图 1-3 实际尺寸

(3) 极限尺寸 是指一个孔或轴允许的尺寸的两个极端。孔或轴允许的最大尺寸称为最大极限尺寸，代号分别为  $D_{\max}$ 、 $d_{\max}$ ，孔或轴允许的最小尺寸称为最小极限尺寸，代号分别为  $D_{\min}$ 、 $d_{\min}$ 。不考虑形位误差的影响时，合格零件的实际尺寸的应在极限尺寸之间。

在机械加工中，由于各种误差的存在，要把同一规格的零件加工成同一尺寸是不可能的，从使用的角度看，也没有必要。所以，极限尺寸是为了满足实际需要和便于加工来确定的。

### 三、偏差的术语及其定义

#### 1. 尺寸偏差（简称偏差）

尺寸偏差是指某一尺寸（实际尺寸、极限尺寸等）减其基本尺寸所得的代数差。

由于某一尺寸（实际尺寸、极限尺寸等等）可以大于、等于，小于基本尺寸，所以偏差可以为正值、负值或零值，在计算和使用中一定要注意偏差的正、负号，不能遗漏。

#### 2. 偏差种类

(1) 实际偏差 是指实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差。

(2) 极限偏差 是指极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。

由于极限尺寸有最大极限尺寸和最小极限尺寸之分，因此极限偏差分为上偏差和下偏差。

不考虑形位误差的影响时，合格零件的实际偏差应在上、下偏差之间。

1) 上偏差：是指最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差，代号为 ES（孔）、es

(轴)。

$$\begin{aligned} \text{计算公式} \quad ES &= D_{\max} - D \\ es &= d_{\max} - d \end{aligned}$$

2) 下偏差: 是指最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差, 代号为 EI (孔)、ei (轴)。

$$\begin{aligned} \text{计算公式} \quad EI &= D_{\min} - D \\ ei &= d_{\min} - d \end{aligned}$$

国标规定: 在图样和技术文件上标注极限偏差数值时, 上偏差标在基本尺寸的右上角, 下偏差标在基本尺寸的右下角。特别要注意的是当上、下偏差为零值时, 必须在相应的位置上标注“0”, 而不能省略。如  $\phi 80D9$  ( $^{+0.174}_{+0.100}$ ),  $\phi 30H7$  ( $^{+0.021}_0$ ),  $\phi 30_{-0.001}^{+0.030}$  mm。当上、下偏差数值相等而符号相反时, 可简化标注, 如  $\phi 50 \pm 0.008$  mm。

例 1-1 加工某孔  $\phi 60_{-0.001}^{+0.030}$  mm 和轴  $\phi 60_{+0.003}^{+0.060}$  mm, 试求极限偏差、基本尺寸、极限尺寸。

解  $\phi 60_{-0.001}^{+0.030}$  mm 的孔:

$$ES = +0.030 \text{ mm}$$

$$EI = -0.001 \text{ mm}$$

$$D = 60 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} D_{\max} &= D + ES = 60 \text{ mm} + 0.030 \text{ mm} \\ &= 60.030 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{\min} &= D + EI = 60 \text{ mm} + (-0.001 \text{ mm}) \\ &= 59.999 \text{ mm} \end{aligned}$$

$\phi 60_{+0.003}^{+0.060}$  mm 的轴:

$$es = +0.060 \text{ mm}$$

$$ei = +0.003 \text{ mm}$$

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_{\max} &= d + es = 60 \text{ mm} + 0.060 \text{ mm} \\ &= 60.060 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{\min} &= d + ei = 60 \text{ mm} + 0.003 \text{ mm} \\ &= 60.003 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 四、尺寸公差 (T) 术语及其定义

##### 1. 尺寸公差 (简称公差)

(1) 公差的定义, 是指最大极限尺寸减最小极限尺寸之差, 或上偏差减下偏差之差, 代号为“T”, 它是允许尺寸的变动量, 如图 1-4 所示。

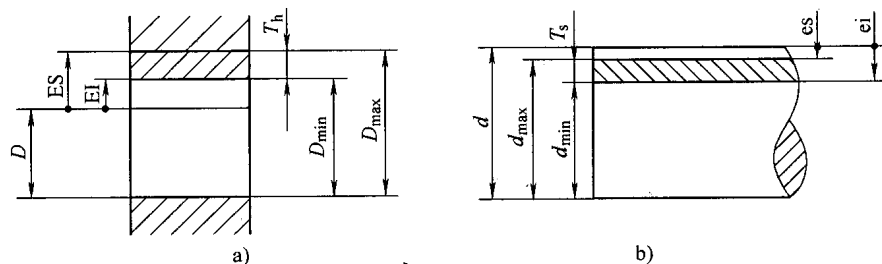


图 1-4 公差

a) 孔的公差 b) 轴的公差

(2) 公差计算 由于合格零件的实际尺寸只能在最大极限尺寸与最小极限尺寸之间的范围内变动, 而变动仅涉及到大小, 因此用绝对值定义, 所以公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值。孔和轴的公差分别以  $T_h$  和  $T_s$  表示, 则其计算公式为

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$$

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

例 1-2 求孔  $\phi 60_{+0.100}^{+0.220}$  mm 的尺寸公差。

解  $D_{\max} = D + ES = 60\text{mm} + 0.220\text{mm} = 60.220\text{mm}$

$$D_{\min} = D + EI = 60\text{mm} + 0.100\text{mm} = 60.100\text{mm}$$

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |60.220\text{mm} - 60.100| \text{mm} = 0.120\text{mm}$$

或

$$T_h = |ES - EI| = | +0.220\text{mm} - 0.100\text{mm} | = 0.120\text{mm}$$

例 1-3 求轴  $\phi 120_{-0.015}^{+0.020}$  mm 的尺寸公差。

解  $d_{\max} = d + es = 120\text{mm} + 0.020\text{mm} = 120.020\text{mm}$

$$d_{\min} = d + ei = 120\text{mm} + (-0.015)\text{mm} = 119.985\text{mm}$$

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |120.020\text{mm} - 119.985\text{mm}| = 0.035\text{mm}$$

或

$$T_s = |es - ei| = | +0.020\text{mm} - (-0.015)\text{mm} | = 0.035\text{mm}$$

### (3) 公差与偏差的区别

1) 概念不同: 偏差是相对于基本尺寸偏离大小的数值。极限偏差是用于限制实际偏差的变动范围; 而公差是表示极限尺寸的变动范围大小的一个数值。

2) 数值不同: 偏差是代数差, 可正、负或零值, 偏差值的前面“+”号或“-”号一定要标出; 而公差是用绝对值来定义的, 没有正、负, 因此在公差值的前面不能标出“+”号或“-”号, 且不能为零。

3) 作用不同: 极限偏差表示了公差带的确切位置, 可反映零件的配合性质, 即松紧程度; 而公差仅表示公差带的大小, 反映零件的配合精度。公差值越大, 加工就越容易, 反之加工就越困难。

## 2. 公差带图解

(1) 公差带图解的定义 由于公差和偏差的数值比基本尺寸数值小得多, 不能用同一比例表示, 因此, 可只将公差值按规定放大画出, 这种图称为极限与配合图解, 也称公差带图解, 如图 1-5 所示。

(2) 零线 是指在极限与配合图解中, 表示基本尺寸的一条直线。以零线为基准确定偏差和公差。通常, 零线沿水平方向绘制, 在零线正对左端标上“0”(表示零偏差)和“+”“-”号, 在其左下方画上带单向箭头的尺寸线, 并在尺寸线上标上基本尺寸值。正偏差位于零线上方, 负偏差位于零线下方, 如图 1-5 所示。

### (3) 公差带

1) 公差带的定义: 是指在公差带图解中, 由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。

2) 公差带的确定要素: 为公差带大小和公差带位置两个。公差带大小指公差带沿垂直零线方向的宽度, 由标准公差确定; 公差带位置指相对零线的位置, 由基本偏差确定。

3) 轴、孔的公差带画法: 为了区别, 一般在同一图中, 孔和轴的公差带的剖面线的方向应该相反, 且疏密程度不同, 如图 1-5 所示。

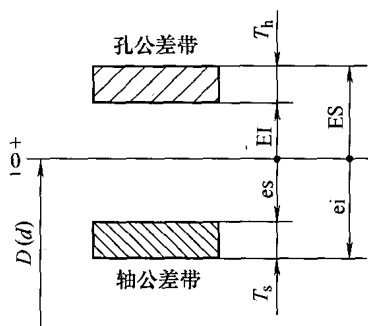


图 1-5 公差带图解

#### (4) 公差带图解的示例

例 1-4 画出轴  $\phi 80e7$  ( ${}_{-0.090}^{-0.060}$ ) 和孔  $\phi 80H7$  ( ${}_{0}^{+0.030}$ ) 的公差带图解。

解 1) 作零线、标注“0”“+”“-”，然后在零线左下方画上带单向箭头的尺寸线，标上基本尺寸  $\phi 80$ 。

2) 选择合适比例，画出孔轴公差带，标上极限偏差值，如图 1-6 所示。

#### 3. 极限制

极限制是指经标准化的公差与偏差制度。为了使公差带标准化，GB/T 1800 规定的极限制中的公差与偏差，也即后面所要介绍的标准公差系列及基本偏差系列。

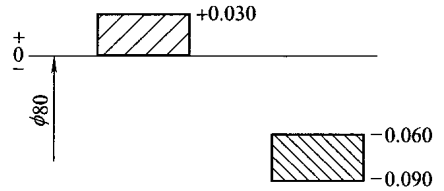


图 1-6 例 1-4 公差带图解

### 五、配合的术语及定义

#### 1. 配合

配合是指基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴的公差带之间的关系。通常用配合这一概念反映零件装配后的松紧程度。

#### 2. 间隙与过盈

(1) 间隙 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸为正时是间隙，代号为  $X$ ，数值前应标“+”号。间隙的存在是孔和轴配合后能产生相对运动的基本条件。

(2) 过盈 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸为负时是过盈，代号为  $Y$ ，数值前应标“-”号。过盈的存在是使配合零件位置固定或传递载荷的基本条件。

#### 3. 配合性质

##### (1) 间隙配合

1) 间隙配合的定义：是指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。

2) 间隙配合的特点：

①孔的公差带在轴的公差带之上，如图 1-7 所示。

②孔的实际尺寸总是大于或等于轴的实际尺寸。

③孔、轴配合时存在间隙，允许孔、轴有相对的运动。

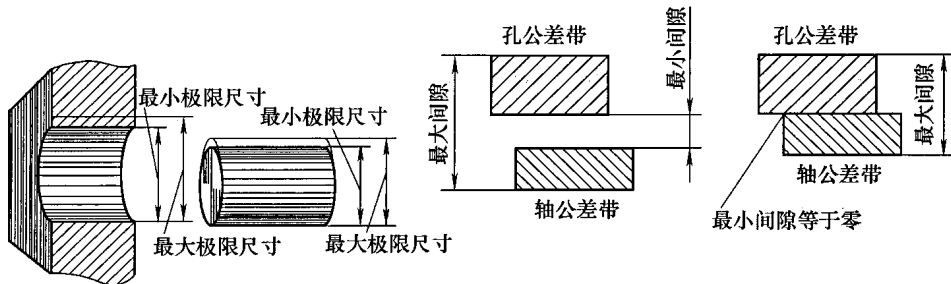


图 1-7 间隙配合

3) 间隙配合的极限情况：由于孔、轴的实际尺寸允许在其公差带内变动，因此配合的间隙是变动的。当孔为最大极限尺寸而与其相配的轴为最小极限尺寸时，配合处于最松状态，此时的间隙称为最大间隙，代号为  $X_{max}$ 。当孔为最小极限尺寸而与其相配的轴为最大极

限尺寸时, 配合处于最紧状态, 此时的间隙称为最小间隙, 代号为  $X_{\min}$ 。最大间隙与最小间隙统称为极限间隙, 它们表示间隙配合中允许实际间隙变动的两个界限值, 在正常的生产中出现的机会是很少的。

最大间隙与最小间隙的计算公式

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = (D + ES) - (d + ei) = ES - ei$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = (D + EI) - (d + es) = EI - es$$

**例 1-5** 试确定例 1-4 中配合的极限间隙。

解  $X_{\max} = ES - ei = +0.030\text{mm} - (-0.090\text{mm}) = +0.120\text{mm}$

$$X_{\min} = EI - es = 0 - (-0.060\text{mm}) = +0.060\text{mm}$$

(2) 过盈配合

1) 过盈配合的定义: 是指具有过盈 (包括最小过盈等于零) 的配合。

2) 过盈配合的特点:

①孔的公差带在轴的公差带之下, 如图 1-8 所示。

②孔的实际尺寸总是小于或等于轴的实际尺寸。

③孔、轴配合时存在过盈, 不允许孔、轴有相对的转动 (主要用于传递一定转矩的条件)。

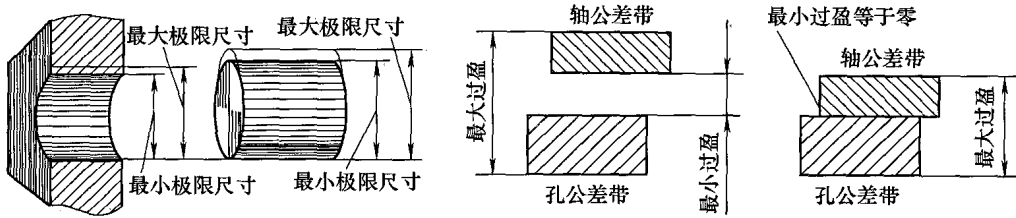


图 1-8 过盈配合

3) 过盈配合的极限情况: 由于孔、轴的实际尺寸允许在其公差带内变动, 因而其配合的过盈是变动的。当孔为最小极限尺寸而与其相配的轴为最大极限尺寸时, 配合处于最紧状态, 此时的过盈称为最大过盈, 代号为  $Y_{\max}$ 。当孔为最大极限尺寸而与其相配的轴为最小极限尺寸时, 配合处于最松状态, 此时的过盈称为最小过盈, 代号为  $Y_{\min}$ 。最大过盈与最小过盈统称为极限过盈, 它们表示过盈配合中允许过盈变动的两个界限值, 在正常的生产中出现的机会也是很少的。

最大过盈与最小过盈的计算公式

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = (D + EI) - (d + es) = EI - es$$

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = (D + ES) - (d + ei) = ES - ei$$

**例 1-6** 有一孔  $\phi 60_{-0}^{+0.030}\text{mm}$  与一轴  $\phi 60_{+0.032}^{+0.062}\text{mm}$  为过盈配合, 试求极限过盈。

解  $Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.062\text{mm}) = -0.062\text{mm}$

$$Y_{\min} = ES - ei = +0.030\text{mm} - (+0.032\text{mm}) = -0.002\text{mm}$$

(3) 过渡配合

1) 过渡配合的定义: 是指可能具有间隙或过盈的配合。

2) 过渡配合的特点:

- ①孔的公差带与轴的公差带相互交叠，如图 1-9 所示。
- ②孔的实际尺寸可能大于或小于轴的实际尺寸。
- ③孔、轴配合时可能存在间隙，也可能存在过盈。

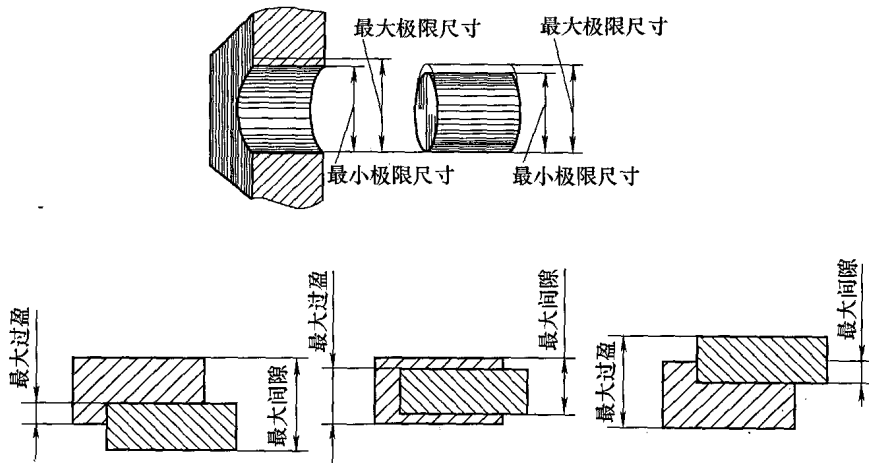


图 1-9 过渡配合

3) 过盈配合的极限情况：同样，孔、轴的实际尺寸是允许在其公差带内变动的。当孔的尺寸大于轴的尺寸时，具有间隙。当孔为最大极限尺寸，而轴为最小极限尺寸时，配合处于最松状态，此时的间隙为最大间隙。当孔的尺寸小于轴的尺寸时，具有过盈。当孔为最小极限尺寸，而轴为最大极限尺寸时，配合处于最紧状态，此时的过盈为最大过盈。

最大间隙与最大过盈的计算公式

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = (D + ES) - (d + ei) = ES - ei$$

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = (D + EI) - (d + es) = EI - es$$

**例 1-7** 已知  $\phi 90_{-0.068}^{-0.043}$  mm 的轴与  $\phi 90_{-0.059}^{-0.024}$  mm 的孔相配为过渡配合，求最大间隙和最大过盈。

解  $X_{\max} = ES - ei = -0.024 \text{ mm} - (-0.068 \text{ mm}) = +0.044 \text{ mm}$

$Y_{\max} = EI - es = -0.059 \text{ mm} - (-0.043 \text{ mm}) = -0.016 \text{ mm}$

#### 4. 配合性质的判定

正确地判定配合性质，不仅有利于配合参数的计算，也是工程技术人员必须具备的知识，判定方法如下：

(1) 根据极限偏差的大小判定 当  $EI \geq es$  时，为间隙配合；当  $ES \leq ei$  时，为过盈配合；以上两条均不成立时，为过渡配合。

(2) 根据极限尺寸的大小判定 当  $D_{\min} \geq d_{\max}$  时，为间隙配合；当  $D_{\max} \leq d_{\min}$  时，为过盈配合；以上两条均不成立时，为过渡配合。

(3) 根据公差带图判定 当孔的公差带在轴的公差带之上为间隙配合；当孔的公差带在轴的公差带之下为过盈配合；当孔的公差带与轴的公差带相互交叠为过渡配合。

#### 5. 配合公差 ( $T_f$ )

(1) 配合公差定义 组成配合的孔与轴的公差之和，它是允许间隙或过盈的变动量，代号为  $T_f$ 。

(2) 计算公式为

$$T_f = T_h + T_s$$

由于配合公差是允许间隙或过盈的变动量，所以对于不同的配合，计算公式为

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

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

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

配合公差一般根据零部件配合部位的配合松紧变动的大小给出。某一配合，其配合公差越大，则配合时形成的间隙或过盈可能出现的差别越大，也就是配合后产生的松紧差别的程度也越大，即配合的精度越低。反之，配合公差越小，间隙或过盈可能出现的差别也越小，其松紧差别的程度也越小，即配合的精度越高。

与尺寸公差相似，配合公差也是用绝对值定义的，因而没有正、负的含义，而且总是大于零的，配合精度的高低是由相互配合的孔和轴的精度决定的。配合精度越高，孔和轴的精度也越高，加工越困难，加工成本越高；反之，孔和轴的加工越容易，加工成本越低。

## 第二节 标准公差系列

### 一、标准公差

#### 1. 标准公差定义

标准公差是指用于确定公差带的大小的任一公差。

#### 2. 标准公差系列

标准公差系列是指由若干标准公差所组成的系列。它以表格的形式列出时，称为标准公差数值表，见表 1-1。

表 1-1 标准公差数值

基本尺寸/mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	$\mu\text{m}$											mm						
—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11



(续)

基本尺寸/mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	$\mu\text{m}$										mm							
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注：1. 基本尺寸大于500mm的IT1至IT5的标准公差数值为试行的。

2. 基本尺寸小于或等于1mm时，无IT14至IT18。

### 3. 确定标准公差数值的因素

从表1-1中可看出确定标准公差数值的因素为标准公差等级和基本尺寸分段两个。

### 4. 标准公差等级

确定尺寸精确程度的等级称为公差等级。标准规定，标准公差设置了20个公差等级，代号依次为IT01, IT0, IT1, IT2...IT18, 其中IT01精度最高，其余依次降低，IT18精度最低。

### 5. 标准公差数值表说明

表1-1中所列的是标准公差等级从IT1到IT18、基本尺寸至3150mm的标准公差数值。标准公差等级IT01和IT0工业上很少用到，因而将其数值列入了GB/T 1800.3—1998的附录中，见表1-2。在实际生产中，确定零件的尺寸公差时，应尽量从表1-1中选取标准公差。

表1-2 IT01和IT0标准公差数值

基本尺寸/mm		标准公差等级		基本尺寸/mm		标准公差等级	
		IT01	IT0			IT01	IT0
大于	至	公差/ $\mu\text{m}$		大于	至	公差/ $\mu\text{m}$	
—	3	0.3	0.5	80	120	1	1.5
3	6	0.4	0.6	120	180	1.2	2
6	10	0.4	0.6	180	250	2	3
10	18	0.5	0.8	250	315	2.5	4
18	30	0.6	1	315	400	3	5
30	50	0.6	1	400	500	4	6
50	80	0.8	1.2				

### 6. 确定公差等级时考虑的因素

必须同时考虑零件的使用要求和加工的经济性能两个因素。公差等级高，零件的精度高，使用性能提高，但加工难度增大，生产成本变高；反之则生产成本降低。

### 二、基本尺寸分段

标准公差数值不仅与公差等级有关，还与基本尺寸有关。在实际生产中应用的基本尺寸是很多的，若每一个基本尺寸都对应一个公差值，就会形成一个庞大的公差数值表，既不利于实现标准化，又增加了实际生产的困难，因此，GB/T 1800.3—1998标准中对基本尺寸至3150mm进行了分段，见表1-3。