



应用型高等教育  
机械类课程规划教材

# 公差配合与技术测量

YINGYONGXING GAODENG JIAOYU  
JIXIELEI KECHENG GUIHUA JIAOCAI

主编 余林 主审 张岐生

大连理工大学出版社



新世纪

应用型高等教育机械类课程规划教材

# 公差配合与技术测量

主审 张歧生

主 编 余 林 副主编 吴永锦 许 林 李桂金 周敬勇



GONGCHA PEIHE YU JISHU CELIANG

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 余林 2006

**图书在版编目(CIP)数据**

公差配合与技术测量 / 余林主编. — 大连 : 大连理工大学出版社, 2006. 8

应用型高等教育机械类课程规划教材

ISBN 7-5611-3258-1

I. 公… II. 余… III. ①公差—配合—高等学校—教材 ②技术测量—高等学校—教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077309 号

**大连理工大学出版社出版**

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@dulp.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

---

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:14 字数:315 千字

印数:1~3 500

2006 年 8 月第 1 版

2006 年 8 月第 1 次印刷

---

责任编辑:孔泳滔 赵晓艳

责任校对:楚信谱

封面设计:波 朗

---

定 价:25.00 元

# 前 言

《公差配合与技术测量》是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的通知精神编写的,可作为高等职业院校模具、数控、机械制造、机电一体化、计算机辅助设计与制造等专业和普通高校相应专业的教材。

为了适应新形势下国家对应用型人才的培养目标,本教材在编写过程中注重突出以下特点:

1. 在阐明基本概念和原理的同时,突出实用性,列举了较多实用性的例子,使学生能很好地学以致用。

2. 结构设计合理,在语言表达上力求通俗、新颖,便于讲授和自学。

3. 内容完整,重点突出,每一章都有小结,使学生易于把握知识要点;各章均设计了适量的习题,以培养学生的实际应用能力。

4. 注重先进性,所引用的各项标准均为最新国家标准。

本书共分10章,分别为:绪论;极限与配合基础及检测;形状和位置公差及其测量;表面粗糙度及测量;测量技术基础;螺纹的公差配合及测量;滚动轴承的公差与配合;键、花键连接的公差配合与检测;圆柱齿轮传动公差及测量;尺寸链。

本教材的作者都是工作在应用型高等教育第一线的“双师型”教师,由余林任主编,吴永锦、许林、李桂金、周敬勇任副主编。具体编写分工如下:余林编写第1章、第10章;吴永锦编写第2章、第5章;许林编写第3章、第7章;李桂金编写第4章、第9章;周敬勇编写第6章、第8章。在编写本书过程中得到了江西蓝天学院机电系主任邱映辉教授、汽车系主任吴文彩教授、电子与制造系刘勇硕士的大力支持和帮助。另外,江西蓝天学院制造系章琮老师为本



新世纪

## 2 / 公差配合与技术测量 □

书的编写做了大量文字与表格处理工作。同时,也得到了本系同事的大力支持,在此一并表示衷心感谢!本教材由江西蓝天学院机械系主任张歧生教授任主审。

书中可能存在的不足之处,敬请广大读者在使用本教材过程中多提宝贵意见和建议。

所有意见、建议请发送至:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84707492 84706104

编 者

2006年7月



|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第1章 绪论</b> .....          | 1   |
| 1.1 本课程的作用和任务 .....          | 1   |
| 1.2 互换性的概念及其在机械制造中的作用 .....  | 1   |
| 1.3 标准化与计量工作 .....           | 3   |
| 1.4 优先数和优先数系 .....           | 4   |
| 1.5 零件的加工误差与公差 .....         | 5   |
| 1.6 本课程的特点和学习方法 .....        | 6   |
| 小结 .....                     | 7   |
| 习题 .....                     | 7   |
| <b>第2章 极限与配合基础及检测</b> .....  | 8   |
| 2.1 概述 .....                 | 8   |
| 2.2 极限与配合的基本术语及定义 .....      | 8   |
| 2.3 极限与配合标准的主要内容 .....       | 14  |
| 2.4 极限与配合的应用原则 .....         | 30  |
| 2.5 尺寸的测量方法 .....            | 38  |
| 小结 .....                     | 43  |
| 习题 .....                     | 44  |
| <b>第3章 形状和位置公差及其测量</b> ..... | 45  |
| 3.1 概述 .....                 | 45  |
| 3.2 形状公差 .....               | 48  |
| 3.3 位置公差 .....               | 53  |
| 3.4 公差原则 .....               | 63  |
| 3.5 形位公差的选择 .....            | 70  |
| 3.6 形位公差的标注 .....            | 78  |
| 3.7 形位误差的测量 .....            | 83  |
| 小结 .....                     | 89  |
| 习题 .....                     | 89  |
| <b>第4章 表面粗糙度及测量</b> .....    | 92  |
| 4.1 概述 .....                 | 92  |
| 4.2 表面粗糙度国家标准 .....          | 93  |
| 4.3 表面粗糙度的选择及其标注 .....       | 99  |
| 4.4 表面粗糙度的测量 .....           | 108 |
| 小结 .....                     | 111 |
| 习题 .....                     | 112 |
| <b>第5章 测量技术基础</b> .....      | 113 |
| 5.1 测量技术基本概述 .....           | 113 |

#### 4 / 公差配合与技术测量 □

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 5.2 计量器具与测量方法 .....             | 116        |
| 5.3 光滑工件尺寸的检验 .....             | 119        |
| 5.4 测量误差及数据处理 .....             | 123        |
| 5.5 光滑极限量规 .....                | 130        |
| 小结 .....                        | 137        |
| 习题 .....                        | 138        |
| <b>第6章 螺纹的公差配合及测量</b> .....     | <b>139</b> |
| 6.1 概述 .....                    | 139        |
| 6.2 普通螺纹的基本牙型和几何参数 .....        | 139        |
| 6.3 普通螺纹的几何参数对螺纹互换性的影响 .....    | 143        |
| 6.4 普通螺纹的公差与配合 .....            | 147        |
| 6.5 梯形螺纹丝杠、螺母公差简介 .....         | 153        |
| 6.6 螺纹的测量 .....                 | 155        |
| 小结 .....                        | 157        |
| 习题 .....                        | 157        |
| <b>第7章 滚动轴承的公差与配合</b> .....     | <b>158</b> |
| 7.1 概述 .....                    | 158        |
| 7.2 滚动轴承精度等级及其应用 .....          | 159        |
| 7.3 滚动轴承内、外公差带及特点 .....         | 160        |
| 7.4 滚动轴承与轴及外壳孔的配合 .....         | 162        |
| 小结 .....                        | 170        |
| 习题 .....                        | 170        |
| <b>第8章 键、花键连接的公差配合与检测</b> ..... | <b>171</b> |
| 8.1 单键连接的公差与配合 .....            | 171        |
| 8.2 矩形花键连接的公差与配合 .....          | 174        |
| 8.3 键和花键的检测 .....               | 180        |
| 小结 .....                        | 181        |
| 习题 .....                        | 181        |
| <b>第9章 圆柱齿轮传动公差及测量</b> .....    | <b>182</b> |
| 9.1 概述 .....                    | 182        |
| 9.2 齿轮传动的基本要求 .....             | 183        |
| 9.3 齿轮加工误差简介 .....              | 184        |
| 9.4 圆柱齿轮的误差分析及评定参数 .....        | 185        |
| 9.5 齿轮副和齿坯的精度 .....             | 194        |
| 9.6 渐开线圆柱齿轮精度标准 .....           | 197        |
| 小结 .....                        | 207        |
| 习题 .....                        | 207        |
| <b>第10章 尺寸链</b> .....           | <b>208</b> |
| 10.1 尺寸链的基本概念 .....             | 208        |
| 10.2 尺寸链的计算 .....               | 211        |
| 小结 .....                        | 216        |
| 习题 .....                        | 216        |
| <b>参考文献</b> .....               | <b>218</b> |



# 第1章

## 绪 论

### 1.1 本课程的作用和任务

《公差配合与技术测量》是机械类、仪器仪表类和机电相结合类的各专业必修的主干专业基础课,起着联系基础课和专业课的桥梁作用,也起着联系设计类课程和制造工艺类课程的纽带作用。

机械设计过程,先从运动设计开始,到总体设计,再到结构设计,最后到零件设计,才能完成对机器的功能、结构形状、尺寸的设计过程。为了保证实现从零件的加工到装配成机器,使机器的运转正常,并实现所要求的功能,就需要在进行机器的结构设计、零件设计时,对零部件和机器进行精度设计。本课程就是研究精度设计及机械加工误差的有关问题和几何形状测量中的一些问题。所以,这是一门实践性很强的课程。

本课程的任务是:通过讲课、作业、实验等教学环节,了解互换性与标准化的重要性;熟悉极限与配合的基本概念;掌握某些极限配合标准的主要内容;初步掌握确定公差的原则和方法;一般了解技术测量的工具和方法;初步建立测量误差和尺寸链的概念及其计算方法,为正确地理解和绘制设计图样及正确地表达设计思想打下基础。

学习本课程的目的,是为了获得机械工程技术人员必备的公差配合与检测方面的基本知识、基本技能。开始接触这门课程的学生会感到较难,摸不到门路,但随着后继课程的学习和实践知识的丰富,将会加深对本课程内容的理解。实际上这门课程是从理论到工程技术的过渡课程,也是使工程技术人员形成工程技术思维方式的基础课程。

### 1.2 互换性的概念及其在机械制造中的作用

#### 1.2.1 互换性含义

互换性是指在同一规格的一批零件(或部件)中,任取其一,不需经过挑选或修配(例如钳工修理),就能装在机器上,并能达到规定的功能要求。例如,生活中经常碰到的自行车或钟表的零件损坏后,修理人员就能用同样规格的零件换上,恢复其使用的功能。互换



性是机械制造、仪器仪表和其他许多工业生产部门产品设计和制造的重要原则。

机械制造、仪器仪表的互换性,通常包括下述几部分:几何参数(如尺寸)互换,机械性能(如硬度、强度等)互换,以及理化性能(如化学成分、导电性等)互换等。本课程仅讨论几何参数的互换性。

所谓几何参数主要指尺寸大小、几何形状(包括微观几何形状及宏观几何形状)以及形面间的相互位置关系等。为了完全满足互换性的要求,将同一规格的零部件的几何参数做得完全一致是最理想的,但在实践中是不可能的,同时也是不必要的,因为加工误差是永远存在的。在实际中只要求同一规格的零部件的几何参数保持在一定的范围内,就能达到互换性的目的。这个允许零件几何参数的变动量就称为“公差”。

### 1.2.2 互换性的种类

互换性按照互换程度的不同,可分为完全互换和不完全互换。

#### 1. 完全互换

完全互换要求零部件在装配时,不需要挑选和辅助加工,安装后就能保证达到预定的使用性能要求。

如常见的螺栓、螺母、齿轮、滚动轴承等。

#### 2. 不完全互换

不完全互换允许零部件在装配前预先分组或在装配时采取调整等措施,这类互换又称为有限互换。

如某零部件精度很高,既要求配合后间隙变动量很小,又要求孔与轴都具有完全互换性,为了减小加工困难,可将孔、轴各自的变动范围加大(例如加大3倍),使生产难度减小。装配前分别将孔、轴等分成4组,相同组号间进行互换。这样既达到了装配要求,又适应了生产需要。这种方法称为分组装配。

再如普通车床的尾顶尖与主轴顶尖的连线应与机床导轨平行(两轴线相对于机床导轨等高),为避免出现废品,就应采用钳工修配的方法进行装配。

上述两种方法均属于不完全互换。

对于标准件,互换性又可分为内互换和外互换。构成标准部件的零件之间的互换称为内互换。标准部件与其他零部件之间的互换称为外互换。例如,滚动轴承外圈内滚道、内圈外滚道与滚动体之间的互换即为内互换,而滚动轴承外圈外径与外壳孔之间的互换则为外互换。

### 1.2.3 互换性的作用

使用互换性原则能使各工业部门获得最佳的经济效益和社会效益,现代化的机械工业首先要求机械零件具有互换性,在此基础上,才能将成千上万个零部件进行高效率的、分散的、专业化的生产,然后集中起来进行装配。因此,零部件的互换性的作用是:

(1)为生产专业化创造了必备条件,避免了计划经济时代低生产效率、低质量、小而全的生产方式;

(2)促进了生产自动化的发展;

(3)有利于提高产品质量、降低生产成本;

(4)减少修理机器的时间和费用;

(5)为机器的标准化、系列化、通用化奠定了基础,从而缩短了机器设计周期,促进了新产品开发的高速发展。

总之,互换性是现代化生产的生产原则,不但是成批、大量生产的基础,也是单件小批量生产必须遵循的基本原则。

## 1.3 标准化与计量工作

生产中要实现互换性,搞好标准化与计量工作是前提,是基础。

### 1.3.1 标准化的意义与分类

#### 1. 标准化的意义

标准化是组织现代化大生产的重要手段,是实行科学管理的基础,也是对产品设计的的基本要求之一。标准化的实施,可以使生产者获得最佳的社会、经济效益。标准化是个总称,它包括设计系列化和通用化的内容。

所谓标准,就是由一定的权威组织对经济、技术和科学中重复出现的共同的技术语言和技术事项等方面规定出来的统一技术准则。它是各方面共同遵守的技术依据。简而言之即是技术法规。

标准化是指以制定标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程,标准化程度的高低是评定产品质量的指标之一,是我国很重要的一项技术政策。

标准一经颁布,即成为技术法规。标准是为标准化而规定的技术文件。

#### 2. 标准的分类

根据标准化法规定,我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。

按照标准的适用领域、有效作用范围和发布权力不同,一般分为:国际标准,如由国际标准化组织 ISO 和国际电工委员会 IEC 制定的标准;区域标准(或国家集团标准),如 EN、ANSI 和 DIN 分别是由欧共体、美国和德国制定的标准;国家标准,代号为 GB 或 GB/T;行业标准(或协会、学会标准),如 JB 和 YB 分别为原机械行业标准和冶金行业标准;地方标准和企业(或公司)标准。

### 1.3.2 标准化

标准化是指制定标准、贯彻标准和修改标准的全过程,是一个系统工程。在现代化机械工业生产中,标准化是实现互换性的基础。要全面保证零部件的互换性,不仅要合理地确定零件制造公差,还必须保证在影响生产质量的各个环节、阶段及有关方面实现标准化。如优先数系、形状与位置公差及表面质量参数的标准化,计量单位及检测规定的标准化等。可见,在机械制造业中,任何零部件要使其具有互换性,都必须实现标准化,没有标准化,就没有互换性。

标准化遵循的基本原理通常是指统一原理、简化原理、协调原理和最优化原理。

#### 1. 统一原理

统一原理就是为了保证事物发展所必需的秩序和效率,对事物的形成、功能或其他特性,确定适合于一定时期和一定条件的一致规范,并使这种一致规范与被取代的对象在功能上达到等效。

#### 2. 简化原理

简化原理就是为了经济、有效地满足需要,对标准化对象的结构、形式、规格或其他性能进行筛选提炼,剔除其中多余的、低效能的、可替换的环节,精炼并确定出满足全面需要所必要的高效能的环节,保持整体构成精简合理,使之功能效率最高。

#### 3. 协调原理

协调原理就是为了使标准的整体功能达到最佳,并产生实际效果,必须通过有效的方式协调好系统内、外相关因素之间的关系,确定为建立和保持相互一致、适应或平衡关系所必须具备的条件。

#### 4. 最优化原理

最优化原理指按照特定的目标,在一定的限制条件下,对标准系统的构成因素及其关系进行选择、设计或调整,使之达到最理想的效果。

### 1.3.3 计量工作

我国的计量工作,自解放后逐步统一计量制度,建立了各种计量器具的传递系统,颁布了计量条例和计量法,使机械制造业的基础沿着科学、先进的方向迅速发展,促进了企业计量管理和产品质量水平的不断提高。

目前我国计量测试仪器制造工业已有长足的进步和发展,其产品不仅能满足国内工业发展的需要,而且还出口到国际市场。我国已能生产机电一体化测试仪器产品,如激光丝杠动态检查仪、三坐标测量机、齿轮整体误差检查仪等一批达到或接近世界先进水平的精密测量仪器。

## 1.4 优先数和优先数系

在产品设计中,为了满足不同要求,同一品种的某一参数从大到小取不同值(形成不同规格的产品系列)时,应该采用一种科学的数值分级制度,人们由此总结出一种科学的统一的数值标准,即优先数和优先数系。如机床主轴转速的分级间距,钻头直径尺寸分类均应符合优先数系。优先数系中的任意一个数值均称为优先数。

优先数系是国际上统一的数值分级制度,是一种无量纲的分级数系,适用于各种量值的分级。在确定产品的参数或参数系列时,应最大限度地采用优先数和优先数系。

产品(或零件)的主要参数(或主要尺寸)按优先数形成系列,可使产品(或零件)系列化,便于分析参数间的关系,可减少设计计算的工作量。

优先数系由一些十进制等比数列构成,其代号为  $R_r$  ( $R$  是优先数系创始人 Renard

的第一个字母,  $r$  代表 5、10、20、40 等项数)。等比数列的公比为  $q_r = \sqrt[r]{10}$ , 其含义是在同一个等比数列中, 每  $r$  项的后项与前项的比值增大为 10。如 R5: 设首项为  $a$ , 其依次各项为  $aq_5, a(q_5)^2, a(q_5)^3, a(q_5)^4, a(q_5)^5$ , 则  $a(q_5)^5/a = 10$ , 故  $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ 。

相应各系列的公比分别为  $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25, q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12, q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$ , 及补充系列的公比  $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 。优先数系的基本系列列于表 1-1 中。

优先数的主要优点是: 相邻两项的相对差均匀, 疏密适中, 运算方便, 简单易记。在同一系列中, 优先数的积、商、整数乘方仍为优先数。因此, 优先数系得到广泛应用。

表 1-1 优先数系的基本系列 (GB/T 321—2005)

| R5   | R10  | R20  | R40  | R5   | R10  | R20  | R40  | R5    | R10   | R20   | R40   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |      |      | 2.24 | 2.24 |       | 5.00  | 5.00  | 5.00  |
|      |      |      | 1.06 |      |      |      | 2.36 |       |       |       | 5.30  |
|      |      | 1.12 | 1.12 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 2.50 |       |       | 5.60  | 5.60  |
|      |      |      | 1.18 |      |      |      | 2.65 |       |       |       | 6.00  |
|      | 1.25 | 1.25 | 1.25 |      |      | 2.80 | 2.80 | 6.30  | 6.30  | 6.30  | 6.30  |
|      |      |      | 1.32 |      |      |      | 3.00 |       |       |       | 6.70  |
|      |      | 1.40 | 1.40 |      | 3.15 | 3.15 | 3.15 |       |       | 7.10  | 7.10  |
|      |      |      | 1.50 |      |      |      | 3.35 |       |       |       | 7.50  |
| 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 |      |      | 3.55 | 3.55 |       | 8.00  | 8.00  | 8.00  |
|      |      |      | 1.70 |      |      |      | 3.75 |       |       |       | 8.50  |
|      |      | 1.80 | 1.80 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |       |       | 9.00  | 9.00  |
|      |      |      | 1.90 |      |      |      | 4.25 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
|      | 2.00 | 2.00 | 2.00 |      |      | 4.50 | 4.50 |       |       |       |       |
|      |      |      | 2.12 |      |      |      | 4.75 |       |       |       |       |

1.5 零件的加工误差与公差

1.5.1 加工误差

工件加工时, 任何一种加工方法都不可能把工件做得绝对准确, 一批完工工件的尺寸之间存在着不同程度的差异。由于工艺系统误差和其他因素的影响, 甚至说, 即使在相同的加工条件下一批完工工件的尺寸也是各不相同的。通常, 我们称一批工件的尺寸变动为尺寸误差。制造技术水平的提高, 可以减少尺寸误差, 但永远不可能消除尺寸误差。

从满足产品使用性能要求方面来看, 也不要求一批相同规格的零件尺寸完全相同, 而是根据使用要求的高低, 允许存在一定的误差。

加工误差可分为下列几种, 如图 1-1 所示为圆柱表面几何参数误差。

(1) 尺寸误差

尺寸误差是指一批工件的尺寸变动, 即加工后零件的实际尺寸和理想尺寸之差, 如直径误差、孔距误差等。

## (2) 形状误差

形状误差是指加工后零件的实际表面形状相对于其理想形状的差异(或偏离程度),如圆度误差、直线度误差等。

## (3) 位置误差

位置误差是指加工后零件的表面、轴线或对称平面之间的相互位置相对于其理想位置的差异(或偏离程度),如同轴度误差、位置度误差等。

## (4) 表面粗糙度误差

表面粗糙度误差是指加工后零件表面上具有的较小间距和峰谷所形成的微观几何形状误差。

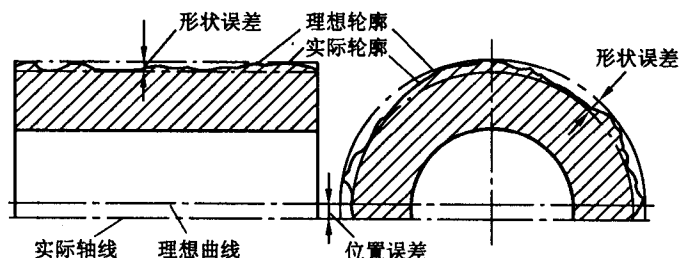


图 1-1 圆柱表面几何参数误差

## 1.5.2 公差

公差是指允许尺寸、几何形状和相互位置等误差变动的范围,用以限制加工误差。它是由设计人员根据产品使用性能要求给定的。规定公差的原则是在保证满足产品使用性能的前提下,给出尽可能大的公差。它反映了一批工件对制造精度的要求和经济性要求,并可体现加工难易程度。公差越小,加工越困难,生产成本就越高。因为误差不可能被消除,所以,公差值不能为零。

规定公差  $T$  的大小顺序,应为

$$T_{\text{尺寸}} > T_{\text{位置}} > T_{\text{形状}} > T_{\text{表面粗糙度}}$$

## 1.6 本课程的特点和学习方法

### 1.6.1 本课程的特点

本课程由互换性与技术测量两大部分组成,它们分别属于标准化和计量学两个不同的范畴,本课程将它们有机地结合在一起,形成了一门极重要的技术基础课,可使我们更便于综合分析和研究在进一步提高机械及仪器、仪表产品质量方面所必需的两个重要技术环节。

本课程的特点是:术语及定义多、代号及符号多、具体规定多、内容多、经验总结多,而逻辑性和推理性较少。使刚刚学完基础理论课的学生感到枯燥、内容繁多,记不住、不会

用,因此应当有充分的思想准备以完成由基础课向专业课过渡这一过程。

### 1.6.2 本课程的学习方法

首先应当了解本课程的主干是国家标准。公差标准就是技术法规,要注意其严肃性,在进行精度设计时既要满足标准规定的原则要求,又要根据不同的使用要求灵活选用。机械产品的种类繁多,使用要求各异,因此熟练地掌握公差与配合的选用并非是轻而易举的一件事。

在学习中,应当了解每个术语、定义的实质,及时归纳、总结并掌握各术语及定义的区别和联系。在此基础上应当牢记它们,才能灵活运用。应当认真独立完成作业,认真独立完成实验,巩固并加深对所学内容的理解与记忆,掌握正确的标注方法,熟悉公差与配合的选择原则和方法。树立理论联系实际、严肃认真的科学态度,培养基本技能,重视微型计算机在检测领域的应用。只有在后续课程(设计类和工艺类课程)学习中,特别是在机械零件设计课程、专业设计课程和毕业设计中,才能加深对本课程内容的理解,初步掌握精度设计的要领。而要达到正确运用本课程所学知识,熟练正确地进行零件精度设计的水平,还需要经过实际工作的锻炼。对学习过程中遇到的困难,应当坚持不懈地努力。反复记忆、反复练习、不断应用是达到熟练应用目的的保证。

## 小 结

本章主要介绍了本课程的作用与任务;互换性的概念、特征、分类、作用及其基本原理;标准的基本概念,标准化的意义与基本原理;优先数与优先数系的基本内容和特点;零件加工误差的产生因素及公差的概念;本课程的特点和学习方法。

## 习 题

- 1-1 什么叫互换性? 互换性的分类有哪些?
- 1-2 标准和互换性之间有何关系?
- 1-3 第一项为 10,按 R5 数系确定后五项优先数。
- 1-4 试写出 R10/3 和 R10/5 两派生系列的优先数。
- 1-5 在生产中采用的分组装配法,属于哪种类型的互换?

# 第 2 章

## 极限与配合基础及检测

---

### 2.1 概 述

极限与配合标准是机械工程方面重要的基础标准,它不仅用于圆柱体内、外表面的结合,也用于其他结合中由单一尺寸确定的部分,例如键结合中键宽与槽宽、花键结合中的外径、内径及键齿宽与键槽宽等。

尺寸公差与配合的标准化是一项综合性的技术基础工作,是推行科学管理,推动企业技术进步和提高企业管理水平不可缺少的重要手段。它不仅可以避免产品设计的混乱性,有利于生产工艺过程的经济性及产品的使用及维护,还有利于刀具、量具的标准化,是广泛组织协作和专业化分工协作的重要依据。因此,机械基础国家标准已成为机械工程中应用最广,涉及面最广的主要基础标准。

为了满足日益频繁的国际技术交流和贸易的需要,国家质量监督检验检疫总局不断发布实施新的国家标准。这些新标准已逐步与国际标准(ISO 标准)接轨,以尽可能地使我国的国家标准与国际标准一致。本章在讲述标准的内容上,凡是有代替旧标准的新标准,均以新标准为准。

### 2.2 极限与配合的基本术语及定义

#### 2.2.1 孔和轴

##### 1. 孔

孔是指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两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(由两平行平面或切面形成的被包容面)。轴的直径尺寸用  $d$  表示。

从装配关系讲,孔是包容面,在它之内无材料,且越加工越大;轴是被包容面,在它之



外无材料,且越加工越小,如图 2-1 所示。

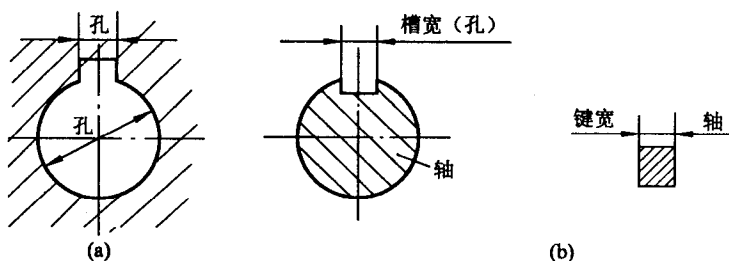


图 2-1 孔和轴

## 2.2.2 有关尺寸的术语

### 1. 尺寸

尺寸是指用特定单位表示线性尺寸的几何量,一般指长度值。

长度值包括:直径、半径、宽度、深度和中心距等。在机械制造中,一般常用毫米(mm)作为特定单位,在图样上标注尺寸时,可将单位省略,仅标注数值。当以其他单位表示尺寸时,则应注明相应的单位。

广义上,尺寸也包括角度尺寸值等。

### 2. 基本尺寸

基本尺寸是由设计者给定的,通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸。孔用  $D$  表示,轴用  $d$  表示。它是设计者根据产品使用性能要求,如强度、刚度、运动、造型、工艺及结构等方面的考虑,并按标准直径或标准长度圆整后所给定的尺寸。它只表示尺寸的基本大小,并不表示在加工中要求得到的尺寸。基本尺寸可以是一个整数或一个小数值。

### 3. 实际尺寸

实际尺寸是通过测量所得的尺寸。孔的实际尺寸以  $D_a$  表示,轴的实际尺寸以  $d_a$  表示。由于存在测量误差,所以实际尺寸并非是被测尺寸的真实值,它只是接近真实尺寸的一个随机尺寸。由于零件存在形状误差,所以同一表面不同部位的实际尺寸也不尽相同,因此往往把它称为局部实际尺寸,用两点法测量。即所谓实际尺寸是指局部实际尺寸。

### 4. 极限尺寸

允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸,它以基本尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸;较小的一个称为最小极限尺寸。孔和轴的最大、最小极限尺寸分别用  $D_{\max}$ 、 $d_{\max}$  和  $D_{\min}$ 、 $d_{\min}$  表示,如图 2-2 所示。实际尺寸一般应介于最大极限尺寸、最小极限尺寸之间,有时也可达到最大极限尺寸、最小极限尺寸。

设计时规定极限尺寸是为了限制工件尺寸的变动,以满足使用要求。一般情况下,完工零件的尺寸合格条件是任一局部实际尺寸均不得超出最大或最小极限尺寸。

对于孔:  $D_{\max} \geq D_a \geq D_{\min}$ ;

对于轴:  $d_{\max} \geq d_a \geq d_{\min}$ 。

### 5. 最大实体状态和最大实体尺寸

孔或轴在具有允许的使用材料最多时的状态称为最大实体状态(MMC)。在最大实

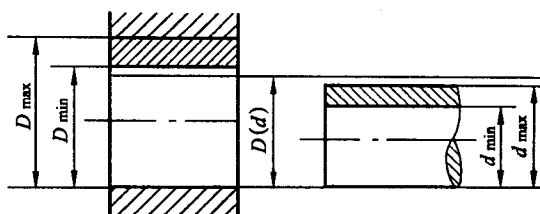


图 2-2 极限尺寸

体状态下的极限尺寸,称为最大实体尺寸(MMS)。它是孔的最小极限尺寸( $D_{\min}$ )和轴的最大极限尺寸( $d_{\max}$ )。

#### 6. 最小实体状态和最小实体尺寸

孔或轴在具有允许的使用材料最少时的状态称为最小实体状态(LMC)。在最小实体状态下的极限尺寸,称为最小实体尺寸(LMS)。它是孔的最大极限尺寸( $D_{\max}$ )和轴的最小极限尺寸( $d_{\min}$ )。

### 2.2.3 有关尺寸偏差、公差的术语定义

#### 1. 尺寸偏差

某一尺寸减去其基本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

实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。

孔的实际偏差为  $E_s = D_s - D$ ;

轴的实际偏差为  $e_s = d_s - d$ 。

#### 3. 极限偏差

极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。

(1)上偏差 最大极限尺寸减去其基本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基本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。

极限偏差可用下列公式表示:

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D \\ es &= d_{\max} - d \\ EI &= D_{\min} - D \\ ei &= d_{\min} - d \end{aligned} \quad (2-1)$$

偏差值除零外,前面必须标有正号或负号。上偏差总是大于下偏差。

#### 4. 尺寸公差

尺寸公差(简称公差)是用以限制误差的,工件的误差在公差范围内即为合格;反之,则不合格。

公差是指最大极限尺寸减去最小极限尺寸之差,或上偏差减去下偏差之差。公差是