



普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材

I

# 互换性与测量技术

Interchangeability and  
Measurement Technology

胡业发 张 宏 主编

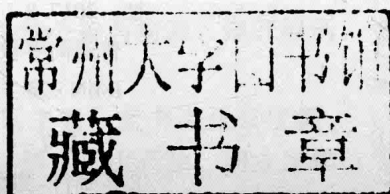
机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



武汉理工大学重点资助教材  
普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材

# 互换性与测量技术

主 编 胡业发 张 宏  
副主编 石 绘 吴彦春  
参 编 齐红方 程飞月 郑银环 江连会  
主 审 陈小圻



机械工业出版社

本书是高等院校机械类各专业技术基础课必修教材。本书按照专业的理论知识体系、实践经验、学科发展组织各章内容,将最新公差标准的内容融入专业基础理论知识中,将公差标准的应用融入解决实际问题的过程之中。按照教学规律阐述本学科的基本知识,便于自学。

全书共分为 10 章,前 6 章阐述互换性基本概念、尺寸公差、几何公差、表面粗糙度、几何量测量和尺寸链等精度设计的基本理论知识;后 4 章阐述滚动轴承、键、渐开线圆柱齿轮和圆柱螺纹等典型零部件各项公差的应用实例及其检测。

本书可作为高等院校、高等职业教育学校及继续教育院校机械类各专业教学用书,也可作为机械工程技术人员的参考书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与测量技术/胡业发,张宏主编. —北京:机械工业出版社,2017.8

普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材

ISBN 978-7-111-57275-6

I. ①互… II. ①胡… ②张… III. ①零部件-互换性-高等学校-教材  
②零部件-测量技术-高等学校-教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 157961 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:余 皞 责任编辑:余 皞 朱琳琳 王小东

责任校对:佟瑞鑫 封面设计:张 静

责任印制:孙 炜

北京振兴源印务有限公司印刷

2017 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14 印张·337 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-57275-6

定价:34.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

# 前 言

互换性与测量技术课程是机械类各专业课程体系中一门重要的技术基础课程。随着各院校机械设计课程体系改革的不断展开、深入以及对外交流的日益增加,原有课程正面临着变革和发展的新机遇,同时,新课程体系对该类课程提出了新的要求。为了更好地适应当前课改需求,编写了本教材,供各院校“互换性与测量技术”课程使用。

本课程内容特点是涉及面广,它不仅将制造业的基础标准与计量技术结合在一起,而且涉及机械设计、制造、质量控制、生产组织管理等许多领域。它是教学计划中联系设计课程与工艺课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。根据本学科的教学特点,强调卓越工程能力的培养,以此确定本教材的内容导向。本书编写的指导思想是:以学生为本,以让学生看懂、便于自学、培养卓越工程师能力为目标,在课程内容体系上下功夫,以学生容易接受的逻辑思路,帮助学生完成由基础课学习向专业课学习的过渡。

为了适应不同学科专业、不同发展方向的学生的学习需求,本书结合后续机械设计课程设计,及时把本学科最新标准、最新发展成果和本课程教改教研成果引入其中,重点突出,简明扼要,适合教学。

全书共分为10章,内容包括绪论、尺寸公差与配合、几何公差与检测、表面粗糙度与检测、几何量测量基础、尺寸链、滚动轴承的公差与配合、键联接的公差与检测、渐开线圆柱齿轮的公差与检测、圆柱螺纹公差与检测。

本书由武汉理工大学胡业发、张宏任主编,石绘、吴彦春任副主编,全书由张宏统稿,武汉大学陈小圻教授任主审。第1章由胡业发、张宏、石绘编写;第2章由石绘、胡业发编写;第3章由张宏、郑银环(武汉理工大学)编写;第4章由张宏、江连会编写;第5章由石绘、程飞月(武汉理工大学)编写;第6章由张宏、江连会编写;第7章由吴彦春、齐红方(华夏理工学院)编写;第8章由石绘、齐红方编写;第9章和第10章由吴彦春、胡业发编写。

本书的编写得到了武汉理工大学有关部门给予的经费资助和机械工业出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在欠妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前 言

## 第 1 章 绪论 ..... 1

### 1.1 研究对象 ..... 2

### 1.2 基本概念 ..... 3

#### 1.2.1 互换性 ..... 3

#### 1.2.2 标准化 ..... 5

#### 1.2.3 优先数系 ..... 6

## 第 2 章 尺寸公差与配合 ..... 9

### 2.1 基本术语与定义 ..... 10

#### 2.1.1 有关孔、轴的定义 ..... 10

#### 2.1.2 有关线性尺寸的术语与定义 ..... 10

#### 2.1.3 有关尺寸偏差和公差的术语与定义 ..... 11

#### 2.1.4 有关配合的术语与定义 ..... 13

#### 2.1.5 补充有关尺寸的概念 ..... 17

### 2.2 常用尺寸公差带与配合标准 ..... 18

#### 2.2.1 标准公差系列 ..... 18

#### 2.2.2 基本偏差系列 ..... 21

#### 2.2.3 极限与配合在图样上的表示 ..... 30

#### 2.2.4 一般、常用和优先的公差带与配合 ..... 30

### 2.3 常用尺寸公差与配合的选择 ..... 33

#### 2.3.1 配合基准制的选择 ..... 34

#### 2.3.2 标准公差等级的选择 ..... 36

#### 2.3.3 配合种类的选择（非基准孔（轴）基本偏差代号的选择） ..... 39

### 2.4 线性尺寸的未注公差 ..... 46

## 第 3 章 几何公差与检测 ..... 47

### 3.1 基本概念 ..... 48

#### 3.1.1 零件几何要素及其分类 ..... 48

#### 3.1.2 几何公差的特征项目及其符号 ..... 49

### 3.2 几何公差 ..... 50

#### 3.2.1 几何公差带 ..... 50

#### 3.2.2 几何公差在图样上的标注方法 ..... 60

### 3.3 公差原则 ..... 65

#### 3.3.1 有关术语及定义 ..... 65

#### 3.3.2 独立原则 ..... 67

#### 3.3.3 相关要求 ..... 69

### 3.4 几何公差的选择 ..... 74

#### 3.4.1 几何公差特征项目的选择 ..... 74

#### 3.4.2 基准的选择 ..... 75

#### 3.4.3 几何公差值的选择 ..... 75

#### 3.4.4 公差原则的选择 ..... 79

### 3.5 几何误差评定与检测原则 ..... 81

#### 3.5.1 几何误差的评定 ..... 81

#### 3.5.2 几何误差的检测原则 ..... 84

## 第 4 章 表面粗糙度与检测 ..... 87

### 4.1 基本概念 ..... 88

#### 4.1.1 表面粗糙度的界定 ..... 88

#### 4.1.2 表面粗糙度对零件工作性能的影响 ..... 89

### 4.2 表面粗糙度的评定 ..... 89

#### 4.2.1 轮廓滤波器、取样长度及评定长度 ..... 89

#### 4.2.2 表面粗糙度轮廓中线 ..... 90

#### 4.2.3 表面粗糙度的评定参数 ..... 91

### 4.3 表面粗糙度的标注 ..... 93

#### 4.3.1 表面粗糙度的符号和极限值判断规则 ..... 93

#### 4.3.2 表面粗糙度的代号 ..... 93

#### 4.3.3 表面粗糙度在图样上的标注方法 ..... 95

### 4.4 表面粗糙度的选择 ..... 97

#### 4.4.1 表面粗糙度评定参数的选择 ..... 97

#### 4.4.2 表面粗糙度评定参数值的选择 ..... 97

### 4.5 表面粗糙度的检测 ..... 98

#### 4.5.1 比较法 ..... 98

#### 4.5.2 针描法 ..... 98

#### 4.5.3 光切法 ..... 99

#### 4.5.4 干涉法 ..... 100

## 第 5 章 几何量测量基础 ..... 101

### 5.1 概述 ..... 102

### 5.2 长度和角度计量单位与量值传递 ..... 103

#### 5.2.1 基本计量单位与计量基准 ..... 103

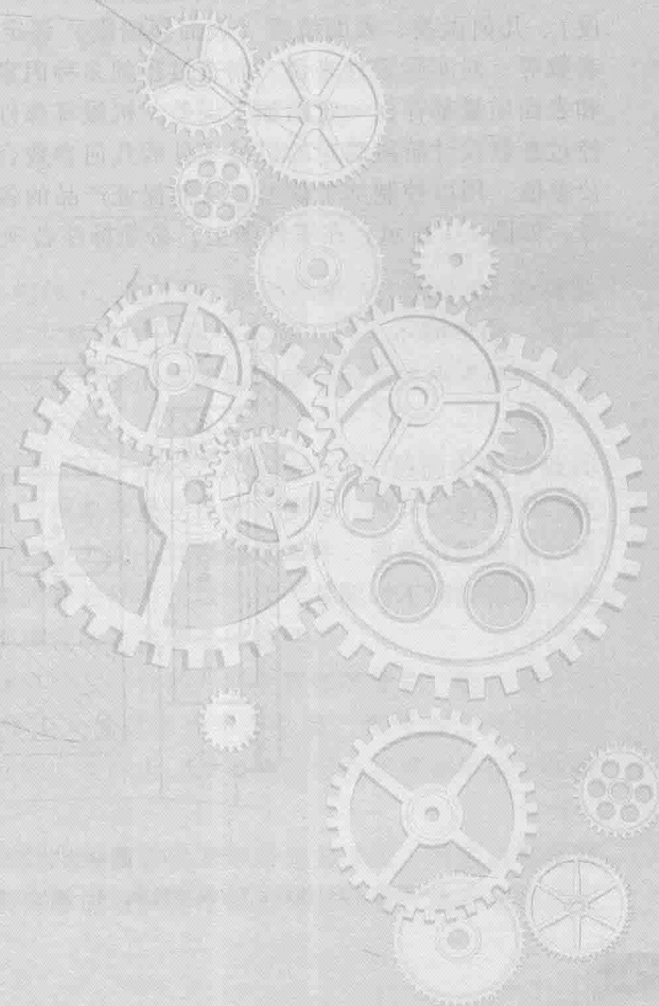
|                             |     |                                         |     |
|-----------------------------|-----|-----------------------------------------|-----|
| 5.2.2 量值传递系统 .....          | 103 | 的常用公差带 .....                            | 140 |
| 5.2.3 量块 .....              | 103 | 7.3 选择滚动轴承与轴颈、轴承座孔配合时<br>应考虑的主要因素 ..... | 140 |
| 5.2.4 角度单位与多面棱体 .....       | 106 | 7.4 与滚动轴承配合的轴颈和轴承座孔的<br>精度设计 .....      | 143 |
| 5.3 测量方法与计量器具 .....         | 107 | 7.4.1 轴颈和轴承座孔的尺寸公差带的<br>确定 .....        | 143 |
| 5.3.1 测量方法的分类 .....         | 107 | 7.4.2 轴颈和轴承座孔的几何公差与表面<br>粗糙度值的确定 .....  | 146 |
| 5.3.2 计量器具的分类 .....         | 109 | 7.4.3 轴颈和轴承座孔精度设计举例 .....               | 147 |
| 5.3.3 计量器具的技术性能指标 .....     | 110 | <b>第8章 键联接的公差与检测</b> .....              | 149 |
| 5.4 测量误差 .....              | 111 | 8.1 平键联接的公差与配合 .....                    | 150 |
| 5.4.1 测量误差与测量精度 .....       | 111 | 8.1.1 平键联接的使用要求与主要<br>尺寸 .....          | 150 |
| 5.4.2 测量误差的来源 .....         | 113 | 8.1.2 影响平键联接使用要求的因素<br>分析及控制 .....      | 150 |
| 5.4.3 测量误差的分类 .....         | 114 | 8.1.3 平键联接的公差与配合的确定 .....               | 151 |
| 5.5 各类测量误差的处理 .....         | 115 | 8.2 矩形花键联接的公差与配合 .....                  | 153 |
| 5.5.1 测量列中随机误差的处理 .....     | 115 | 8.2.1 矩形花键的使用要求、几何参量<br>与定心方式 .....     | 153 |
| 5.5.2 测量列中系统误差的处理 .....     | 117 | 8.2.2 影响矩形花键使用要求的因素<br>分析及控制 .....      | 154 |
| 5.5.3 测量列中粗大误差的处理 .....     | 118 | 8.2.3 矩形花键联接的公差与配合 .....                | 155 |
| 5.6 等精度测量结果的数据处理 .....      | 119 | 8.3 单键槽与矩形花键的检测 .....                   | 158 |
| 5.6.1 直接测量结果的数据处理 .....     | 119 | 8.3.1 单键槽的检测 .....                      | 158 |
| 5.6.2 间接测量结果的数据处理 .....     | 120 | 8.3.2 矩形花键的检测 .....                     | 160 |
| <b>第6章 尺寸链</b> .....        | 123 | <b>第9章 渐开线圆柱齿轮的公差与<br/>检测</b> .....     | 161 |
| 6.1 尺寸链的基本概念 .....          | 124 | 9.1 齿轮传动的使用要求和加工误差 .....                | 162 |
| 6.1.1 尺寸链的基本术语及其定义 .....    | 124 | 9.1.1 齿轮传动的使用要求 .....                   | 162 |
| 6.1.2 尺寸链的分类 .....          | 125 | 9.1.2 影响齿轮使用要求的主要误差 .....               | 164 |
| 6.1.3 尺寸链的建立 .....          | 126 | 9.2 单个齿轮精度指标（强制性检测<br>精度指标） .....       | 167 |
| 6.1.4 尺寸链的计算 .....          | 127 | 9.2.1 齿轮传递运动准确性的强制性<br>检测精度指标 .....     | 167 |
| 6.2 用完全互换法计算尺寸链 .....       | 128 | 9.2.2 齿轮传动平稳性的强制性检测<br>精度指标 .....       | 168 |
| 6.2.1 极值法计算公式 .....         | 128 | 9.2.3 轮齿载荷分布均匀性的强制性<br>检测精度指标 .....     | 169 |
| 6.2.2 设计计算 .....            | 129 | 9.2.4 侧隙指标 .....                        | 171 |
| 6.2.3 校核计算 .....            | 130 | 9.3 评定齿轮精度时可采用的非强制性<br>检测精度指标 .....     | 173 |
| 6.2.4 工艺尺寸计算 .....          | 131 |                                         |     |
| 6.3 用大数互换法计算尺寸链 .....       | 132 |                                         |     |
| 6.3.1 统计法计算公式 .....         | 132 |                                         |     |
| 6.3.2 设计计算 .....            | 132 |                                         |     |
| 6.3.3 校核计算 .....            | 133 |                                         |     |
| 6.4 用其他方法解装配尺寸链 .....       | 134 |                                         |     |
| 6.4.1 分组法 .....             | 134 |                                         |     |
| 6.4.2 调整法 .....             | 135 |                                         |     |
| 6.4.3 修配法 .....             | 135 |                                         |     |
| <b>第7章 滚动轴承的公差与配合</b> ..... | 136 |                                         |     |
| 7.1 滚动轴承概述 .....            | 137 |                                         |     |
| 7.2 滚动轴承的精度 .....           | 138 |                                         |     |
| 7.2.1 滚动轴承的公差等级及其应用 .....   | 138 |                                         |     |
| 7.2.2 滚动轴承内、外径公差带 .....     | 139 |                                         |     |
| 7.2.3 与滚动轴承配合的轴颈和轴承座孔       |     |                                         |     |

|                               |     |                                 |     |
|-------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 9.3.1 切向综合总偏差和一齿切向综合偏差 .....  | 173 | 10.2.1 大径、小径误差对普通螺纹互换性的影响 ..... | 199 |
| 9.3.2 径向综合总偏差和一齿径向综合偏差 .....  | 174 | 10.2.2 螺距累积偏差对普通螺纹互换性的影响 .....  | 199 |
| 9.3.3 径向跳动 .....              | 175 | 10.2.3 牙型半角误差对普通螺纹互换性的影响 .....  | 200 |
| 9.4 齿轮精度等级 .....              | 175 | 10.2.4 中径误差对普通螺纹互换性的影响 .....    | 200 |
| 9.5 齿轮精度设计 .....              | 183 | 10.2.5 保证普通螺纹互换性的条件 .....       | 201 |
| 9.5.1 齿轮精度等级的确定 .....         | 184 | 10.3 普通螺纹的标记 .....              | 202 |
| 9.5.2 最小法向侧隙和齿厚极限偏差的确定 .....  | 185 | 10.4 普通螺纹精度 .....               | 203 |
| 9.5.3 齿坯、齿轮轴中心距和轴线平行度 .....   | 187 | 10.4.1 普通螺纹公差带的基本结构 .....       | 203 |
| 9.5.4 齿轮齿面表面粗糙度、轮齿接触斑点 .....  | 190 | 10.4.2 普通螺纹的公差等级 .....          | 204 |
| 9.5.5 齿轮精度等级在图样上的标注 .....     | 191 | 10.4.3 普通螺纹的基本偏差 .....          | 204 |
| 9.6 应用示例 .....                | 192 | 10.4.4 普通螺纹的旋合长度 .....          | 205 |
| <b>第 10 章 圆柱螺纹公差与检测</b> ..... | 194 | 10.4.5 普通螺纹精度设计 .....           | 206 |
| 10.1 普通螺纹精度设计概述 .....         | 195 | 10.4.6 过渡配合螺纹精度设计 .....         | 208 |
| 10.1.1 螺纹种类及使用要求 .....        | 195 | 10.4.7 过盈配合螺纹精度设计 .....         | 208 |
| 10.1.2 普通螺纹的基本牙型和几何参数 .....   | 195 | 10.5 螺纹的检测 .....                | 211 |
| 10.2 普通螺纹几何参数误差对其互换性的影响 ..... | 198 | 10.5.1 螺纹的综合检验 .....            | 211 |
|                               |     | 10.5.2 螺纹的单项测量 .....            | 212 |
|                               |     | <b>参考文献</b> .....               | 214 |

# 第1章

## 论

## 绪



## 1.1 研究对象

随着人类科学技术的发展, 各类机械层出不穷: 天上飞的飞机、地面跑的汽车、水里游的轮船、海底钻的潜艇、太空飘的载人飞船等, 所有这些机械都离不开机械设计、制造和维护, 而互换性与测量技术则与之密切相关, 特别是载人飞船的精准对接, 更是离不开这一关键性技术。

互换性与测量技术课程是机械类各专业的一门重要的综合性应用技术基础课, 它的研究对象是机械设计、制造和维护过程中的几何量公差配合与检测技术。

机械设计一般可分为三个阶段。

(1) 系统设计 系统设计用于机器的传动系统, 主要内容为选择适当的机构与构件, 实现预定的运动规律, 满足系统及其组成部分在运动学和动力学方面的要求。

(2) 结构设计 结构设计用于确定系统及其组成部分的具体结构, 满足强度、刚度及工作能力等方面的要求。

(3) 精度设计 精度设计用于确定互换性参数允许的变动量及其评定方法, 包括合理地确定机器、零部件质量参数的各项几何量的公差与极限偏差, 以及制造过程中对这些几何量参数的检测和评定方法, 保证机器能正确地进行装配, 满足工作精度的要求。

几何要素是指形成机械零件几何特征的点、线、面。几何量是表示几何要素大小、形状、位置及其精度的参量。几何量包括: 尺寸 (线性尺寸, 简称尺寸; 角度尺寸, 简称角度)、几何误差、表面精度 (表面粗糙度) 评定参数、典型零件 (齿轮、螺纹等) 精度评定参数等。对实际零件来说, 制造过程的多种因素造成了这些要素所形成的尺寸、位置、形状和表面质量都存在一定的加工误差。机械零部件几何精度设计的任务就是根据使用要求对于经过参数设计阶段确定的机械零件的几何参数合理地给出尺寸、位置、形状和表面粗糙度的公差值, 用以控制加工误差, 从而保证产品的各项性能要求。在装配图上, 必须标注配合代号, 如图 1-1 所示; 在零件图上, 必须标注各项公差代号, 如图 1-2 所示。

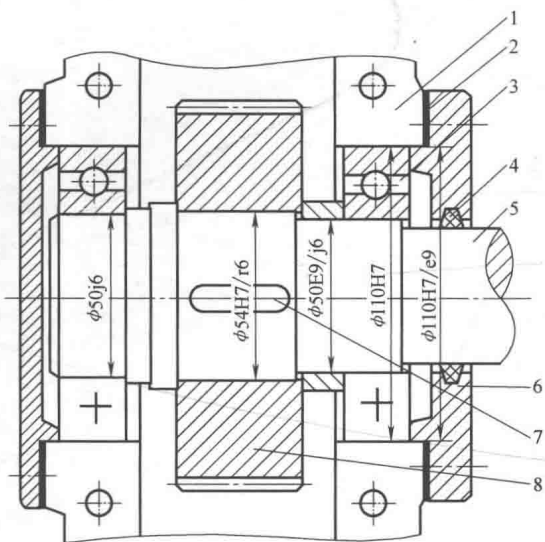


图 1-1 圆柱齿轮减速器装配图局部

1—箱体 2—垫片 3—滚动轴承 4—油封 5—阶梯轴 6—端盖 7—平键 8—齿轮

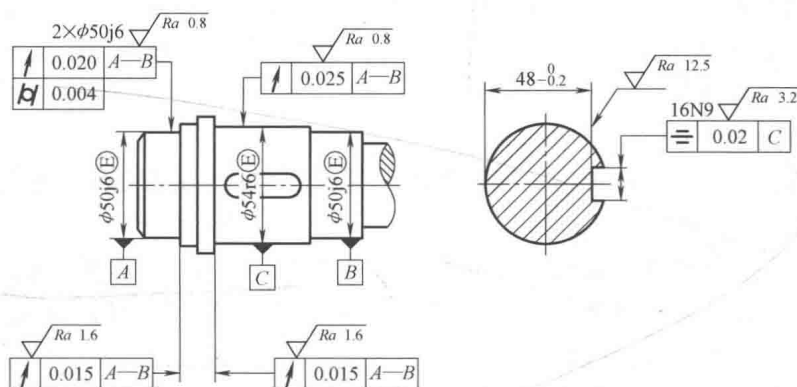


图 1-2 阶梯轴零件图局部

机器的制造过程分为机械加工和检测两部分。机械加工以设计为依据，完工产品是否满足设计要求需要通过检测来判断。

在机械专业的学科基础课程中，机械原理课程主要讨论运动与动力学设计，机械设计课程主要讨论结构设计，金属工艺学课程主要讨论制造工艺基础，本课程主要是针对机械设计过程中的精度设计以及机械制造过程中的检测等内容。因此，本课程是教学计划中联系设计课程与工艺课程的纽带，是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。

## 1.2 基本概念

### 1.2.1 互换性

#### 1. 互换性的含义

一级圆柱齿轮减速器如图 1-1 所示，它由箱体 1、垫片 2、滚动轴承 3、油封 4、阶梯轴 5、端盖 6、平键 7 和齿轮 8 等零部件组成，这些零部件分别在不同工厂、不同车间、由不同工人生产，为什么可以装配成满足预定使用功能要求的减速器？就是因为这些零部件具有互换性。

互换性是指某一产品（包括零件、部件、构件）与另一产品在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。在人们的日常生活中，有许多现象涉及互换性。例如，汽车、自行车、洗衣机、计算机等，若其中某一零部件坏了，只要换上同一规格的零部件，便能继续使用。机械产品零部件的互换性是指在制成的同一规格的零部件中任取一件，装配时不需经过任何挑选或修配，就能安装在整机上，并且能够达到规定的功能要求的特性。

为了满足互换性要求，最理想的是同一规格的零部件的几何参数做的完全一样。由于任何零件都要经过加工，无论设备的精度和操作工人的技术水平多么高，要使加工零件的尺寸、形状和位置关系做到绝对准确，是不可能的。实际上，只要将同规格的零部件的几何参数控制在一定的范围内就能达到互换的目的。

因此，要保证零部件具有互换性，只能使其几何参数的实际值充分接近，其接近程度取决于产品的质量要求。为保证产品几何参数的实际值对其理论值的充分接近，就必须将其实

际值的变动量限定在一定范围内,这个范围就是公差。公差是指为了保证零件的功能要求而规定的零件几何参数允许的变动量。在满足功能要求的前提下,公差应尽量规定得大些,以获得最佳的技术经济效益。

## 2. 互换性的分类

在不同场合,零部件互换的形式和程度有所不同。因此,互换性可分为完全互换性和不完全互换性两类。

完全互换性简称互换性,是指一批零件在装配或更换时,不需选择,不需调整与修理,装配后即可达到使用要求的性能。如图 1-1 所示,圆柱齿轮减速器中的齿轮、齿轮轴、输出轴、螺钉、螺母等都具有完全互换性。

不完全互换性也称为有限互换性,是指同种零部件加工好以后,在装配前需经过挑选、调整或修配等辅助工序处理,在功能上才能彼此相互替换的性能。根据零件满足互换要求所采取的措施不同,不完全互换又可分为分组法、调整法和修配法。

(1) 分组法 同类零部件加工好后,装配前要先进行检测分组,然后按组装配,仅仅同组的零部件可以互换,组与组之间的零部件不能互换。例如,发动机活塞孔与活塞销在装配前按实际尺寸的大小各分成几组,装配时大孔配大销,小孔配小销,来满足配合要求。

(2) 调整法 同种零部件加工好后,装配时用调整的方法改变它在部件或机构中的尺寸或位置,才能满足功能要求。如图 1-1 所示,在减速器中使用了几种不同厚度尺寸的垫片 2 来调整轴承 3 的一端与对应端盖 6 的底端之间的间隙大小。

(3) 修配法 同类零部件加工好后,在装配时要用去除材料的方法来改变它的某一实际尺寸的大小,才能满足功能上的要求。

一般来说,对于厂际协作,应采用完全互换;而厂内生产的零部件的装配,可以采用不完全互换。例如,滚动轴承作为由专业化工厂生产的高精度标准部件,它与厂外其他零件具有装配关系的各尺寸应该具有完全互换性。而在轴承厂内加工的零件(如内、外圈和滚动体等零件),由于精度要求极高,如果也要求具有完全的互换性,就会给制造带来极大的困难,所以往往采用不完全互换,即采取分组法,才能既取得较好的经济效果,又不影响整个轴承的使用性能。

## 3. 互换性的作用

互换性对现代化机械制造业具有非常重要的意义。只有机械零部件具有互换性,才有可能将一台复杂的机器中成千上万的零部件分散到不同的工厂、车间进行高效率的专业化生产,然后再集中到总装厂或总装车间进行装配。因此,互换性是现代化机械制造业进行专业化生产的前提条件,不仅能促进自动化生产的发展,也有利于降低成本,提高产品质量。

从设计看,按互换性要求进行设计,可以最大限度地采用标准件、通用件,如滚动轴承、螺钉、销钉、键等,大大减少计算、绘图等工作量,使设计简便,缩短设计周期,有利于产品的多样化和计算机辅助设计,有利于开发系列产品,不断地改善产品结构,提高产品性能。

从制造看,互换性有利于组织大规模专业化生产,有利于采用先进工艺设备和高效率的专用设备,有利于进行计算机辅助制造,有利于实现加工和装配过程的机械化、自动化,从而减轻工人劳动强度,提高生产率,保证产品质量,降低生产成本。

从使用看,零部件具有互换性,可以及时更换已经磨损或损坏了的零部件,减少了机器

的维修时间和维护费用,增加了机器的平均无故障的工作时间,保证机器能够连续而持久地运转,提高了设备的利用率。在诸如航天、航空、核工业、能源、国防等特殊领域或行业,零部件的互换性所起的作用是难以用具体价值来衡量的,其意义更为重大。

由此可见,在机械制造和设计中,遵循互换性原则不仅能显著提高劳动生产力,而且能有效地保证产品质量和降低成本。互换性原则是机械设计和制造过程中的重要原则,它对于产品顺应市场经济的发展至关重要。

## 1.2.2 标准化

标准是指为了在一定的范围内获得最佳秩序,经协商一致并由公认机构批准,规定共同使用的和重复使用的一种规范性文件。标准应以科学技术和实践经验的综合成果为基础,以促进最佳社会效益为目的,经一定程序批准后,在一定范围内具有约束力。

标准化是指为了在一定的范围内获得最佳秩序,对现实问题或潜在的问题制定共同使用和重复使用的条款的活动。上述活动主要包括编制、发布和实施标准,以及对标准的实施进行监督,并且对标准不断完善、不断修订的循环过程。没有这一过程,标准将是一纸空文。

根据《中华人民共和国标准化法》的规定,标准按使用范围分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准。国家标准由国务院标准化行政主管部门制定。对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求,可以制定行业标准。行业标准由国务院有关行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门备案,在公布相应的国家标准之后,该项行业标准即行废止。对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生要求,可以制定地方标准。地方标准由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门和国务院有关行政主管部门备案,在公布相应的国家标准或者行业标准之后,该项地方标准即行废止。企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业标准,作为组织生产的依据,企业的产品标准须报当地政府标准化行政主管部门和有关行政主管部门备案。已有国家标准和行业标准的,企业还可以制定严于国家标准和行业标准的企

业标准,在企业内部使用。

按标准的法律属性将国家标准、行业标准分为强制性标准和推荐性标准。涉及人身安全、健康、卫生及环境保护等的标准属于强制性标准。强制性国家标准的代号为 GB。对于这些标准,国家通过法律、行政和经济等各种手段及措施来维护并加以实施。其余的标准属于推荐性标准。推荐性国家标准的代号为 GB/T。由于标准是人类科学知识的沉淀、技术活动的结晶、多年实践经验的总结,代表着先进的生产力,对生产具有普遍的指导意义,能够促进技术交流合作,有利于产品的市场化,因此,在生产活动中,推荐性标准也应积极采用。

我国政府十分重视标准化工作,从 1958 年发布第一批 120 个国家标准起,至今已制定了 2 万多个国家标准。在公差标准方面,陆续制定并发布了公差与配合、几何公差、公差原则、表面粗糙度等标准。随着经济建设发展的需要,有关部门本着立足于我国国情的原则,对国际标准进行认真研究,积极采用,区别对待,组织大批力量对原有公差标准进行修订,以国际标准为基础制定新的公差标准和等同采用国际标准。

标准化是组织现代专业化协作生产的重要手段,是实现互换性的必要前提,是一个国家

现代化水平的重要标志之一。公差与配合设计必须遵守标准化原则——选择标准公差与配合。因此，公差与配合设计往往被称为“公差与配合的选择”。

### 1.2.3 优先数系

优先数系是指技术参数数值的标准——标准数值系列。

#### 1. 技术参数数值标准化的意义

在机械产品设计中，需要确定机械零件的各种几何参数。其中，许多参数涉及加工、测量、储存、运输等生产的各个环节，这些参数一旦确定，就会按照一定规律向一切有关的制品和材料等的有关参数指标传播扩散。例如，当选定某螺孔直径（螺纹尺寸）时，与之相配合的螺钉尺寸、加工用的丝锥尺寸、检验用的螺纹塞规尺寸，甚至攻螺纹之前钻孔用的钻头的尺寸，也随之而定。并且，由于上述螺孔直径数值的确定，与之相关的垫圈尺寸、扳手尺寸也随之而定。由于数值如此不断关联，不断传播，常常形成牵一发而动全身的现象，这就牵涉许多部门和领域。在技术参数上即使有微小的差别，经过反复传播之后，也将会造成尺寸规格的繁杂混乱，以致给组织生产、协作配套及使用维修带来很大困难，因此对技术参数必须实现数值系列的标准化。国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》就是其中最重要的一个标准。优先数和优先数系适用于各种量值的分级，特别是在确定产品的参数或参数系列时，必须按该标准的规定最大限度地采用，这就是“优先”的含义。

#### 2. 优先数系的种类和代号

国家标准 GB/T 321—2005 规定：优先数系是公比为  $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$  和  $\sqrt[80]{10}$ ，且项值中含有 10 的整数幂的几何级数的常用圆整值。各数列分别用符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示，称为（Rr 系列）R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 系列和 R80 系列。各系列的公比为

|        |        |                                       |
|--------|--------|---------------------------------------|
| R5 系列  | $r=5$  | $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$     |
| R10 系列 | $r=10$ | $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$ |
| R20 系列 | $r=20$ | $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$ |
| R40 系列 | $r=40$ | $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$ |
| R80 系列 | $r=80$ | $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$ |

其中，R5、R10、R20、R40 为基本系列；R80 为补充系列。

R5 中的项值包含在 R10 中，R10 中的项值包含在 R20 中，R20 中的项值包含在 R40 中，R40 中的项值包含在 R80 中。

优先数系中的任一项值均为优先数。

按公比计算得到的优先数的理论值（除 10 的整数幂外）都是无理数，不能直接用于实际工程中。实际应用的数值都是近似值，根据取值的精确程度，数值可以分为：

- 1) 计算值：取五位有效数字，供精确计算用。
- 2) 常用值：即通常所称的优先数，取三位有效数字，是经常使用的。
- 3) 化整值：是将基本系列中的常用值做进一步化整后所得的数值，一般取两位有效数字。例如，对常用值 3.15，化整为第一化整值 3.2 和第二化整值 3.0。

优先数系的基本系列（优先数的常用值）见表 1-1。

表 1-1 优先数系的基本系列（常用值）（摘自 GB/T 321—2005）

|     |                              |                              |                              |                              |                              |                              |                              |                               |                      |                      |                      |
|-----|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| R5  | 1.00                         |                              | 1.60                         |                              | 2.50                         |                              | 4.00                         |                               | 6.30                 |                      | 10.00                |
| R10 | 1.00                         | 1.25                         | 1.60                         | 2.00                         | 2.50                         | 3.15                         | 4.00                         | 5.00                          | 6.30                 | 8.00                 | 10.00                |
| R20 | 1.00<br>3.55                 | 1.12<br>4.00                 | 1.25<br>4.50                 | 1.40<br>5.00                 | 1.60<br>5.60                 | 1.80<br>6.30                 | 2.00<br>7.10                 | 2.24<br>8.00                  | 2.50<br>9.00         | 2.80<br>10.00        | 3.15                 |
| R40 | 1.00<br>1.90<br>3.55<br>6.70 | 1.06<br>2.00<br>3.75<br>7.10 | 1.12<br>2.12<br>4.00<br>7.50 | 1.18<br>2.24<br>4.25<br>8.00 | 1.25<br>2.36<br>4.50<br>8.50 | 1.32<br>2.50<br>4.75<br>9.00 | 1.40<br>2.65<br>5.00<br>9.50 | 1.50<br>2.80<br>5.30<br>10.00 | 1.60<br>3.00<br>5.60 | 1.70<br>3.15<br>6.00 | 1.80<br>3.35<br>6.30 |

### 3. 优先数系的优点

优先数系是国际上统一的数值制度，可用于各种量值的分级，以便在不同的地方都能优先选用同样的数值，这就为技术经济工作中统一、简化品种规格和协调产品参数提供了基础。一种产品（或零件）往往同时在不同的场合，由不同的人员分别进行设计和制造，而产品的参数又常常影响与其有配套关系的一系列产品的有关参数。如果没有一个共同遵守的选用数据的准则，势必造成同一种产品的尺寸参数杂乱无章，品种规格过于繁多。所以说优先数系运用的主要作用在于通用化、标准化和系列化，以提高整个行业的生产率，大大降低生产成本。

按优先数系确定的参数和系列，在以后的标准化过程中（从企业标准发展到行业标准、国家标准等），有可能保持不变，这在技术上和经济上都有很大意义。企业自制自用的工艺装备等设备的参数，也应当选用优先数系。这样，不但可简化、统一品种规格，而且可使尚未标准化的对象，从一开始就为走向标准化奠定了基础。

优先数中包含各种不同公比的系列，因而可以满足较密和较疏的分级要求。由于较疏系列的项值包含在较密的系列项值中，在必要时可插入中间值，使较疏的系列变成较密的系列，而原来的项值保持不变，与其他产品间配套协调关系不受影响，这对发展产品品种是很有利的。在参数范围很宽时，根据情况可分段选用最合适的基本系列，以复合系列的形式来组成最佳系列。

优先数的积或商仍为优先数，这就进一步扩大了优先的适用范围。例如，当直径采用优先数，其圆周速度、切线速度，圆柱体的面积和体积，球的面积和体积等也都是优先数。

优先数系是等比数列，而优先数的对数则是等差数列。

### 4. 优先数系派生系列

优先数系派生系列是指从基本数列或补充数列  $R_r$  中，每  $p$  项取值导出的系列，以  $R_r/p$  表示。例如，从 R5 系列中，每 2 项选一项所构成的优先数系“R5/2”：

R5 ... 1.00, 1.60, 2.50, 4.00, 6.30, 10.0, 16.0, 25.0, 40.0, 63.0, 100, ...

R5/2 ... 1.00, 2.50, 6.30, 16.0, 40.0, 100, ...

从 R10 系列中，每 3 项选一项所构成的优先数系“R10/3”：

R10 ... 1.00, 1.25, 1.60, 2.00, 2.50, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0, 50.0, 63.0, 80.0, 100, ...

R10/3 ... 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.0, 31.5, 63, ...

## 5. 优先数系的选用原则

1) 在确定产品的参数或参数系列时,只要能满足技术经济上的要求,就应当力求选用优先数,并且按照 R5、R10、R20 和 R40 的顺序,优先用公比较大的基本系列;当一个产品的所有特性参数不可能都采用优先数时,也应使一个或几个主要参数采用优先数;即使单个参数值,也应按上述顺序选用优先数。

2) 当基本系列的公比不能满足分级要求时,可选用派生系列。选用时应优先采用公比较大和延伸项中含有项值 1 的派生系列。

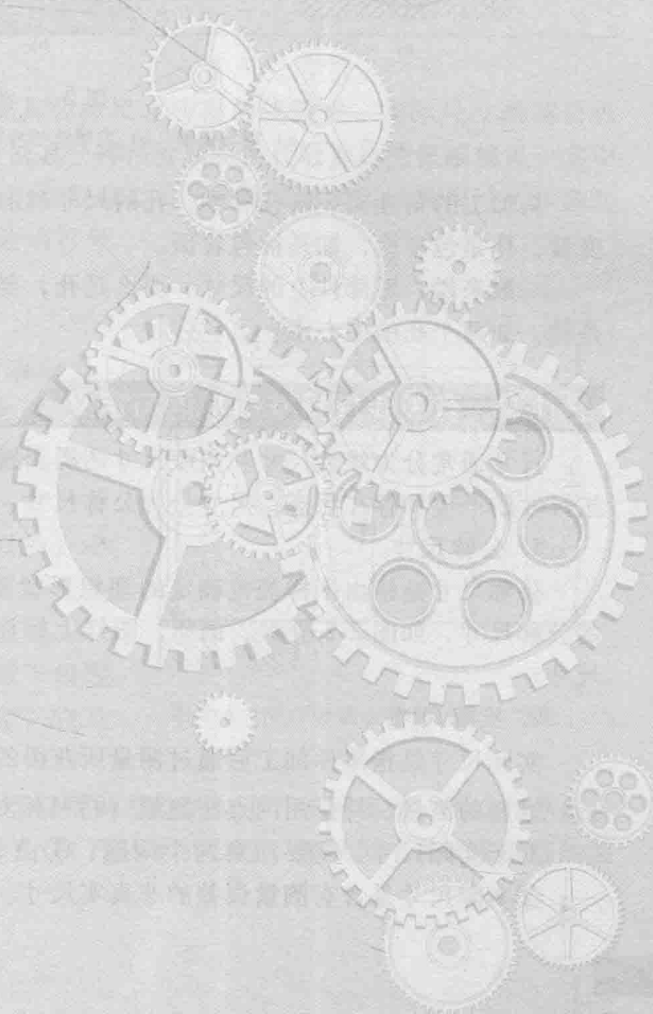
3) 当参数系列的延伸范围很大,从制造和使用的经济性考虑,在不同的参数区间,需要采用公比不同的系列时,可分段选用最适宜的基本系列或派生系列,以构成复合系列。

4) 按优先数常用值分级的参数系列,公比是不均等的。在特殊情况下,为了获得公比精确相等的系列,可采用计算值。

5) 若无特殊原因,应尽量避免使用化整值。因为化整值的选用带有任意性,不易取得协调统一,而且误差较大。例如,系列中含有化整值,就使以后向较小公比的系列转换变得较为困难,化整值系列公比的均匀性差,化整值的相对误差经乘、除运算后往往进一步增大。

# 第2章

## 尺寸公差与配合



## 2.1 基本术语与定义

国家标准 (GB/T 1800.1—2009) 规定了以下基本术语和定义。

### 2.1.1 有关孔、轴的定义

#### 1. 孔

通常, 孔是指工件的圆柱形内表面尺寸要素, 也包括非圆柱形的内表面尺寸要素 (由两平行平面或切面形成的包容面), 如键槽、凹槽的宽度表面, 如图 2-1 所示。

#### 2. 轴

通常, 轴是指工件的圆柱形外表面尺寸要素, 也包括非圆柱形的外表面尺寸要素 (由两平行平面或切面形成的被包容面), 如平键的宽度表面, 如图 2-1 所示。

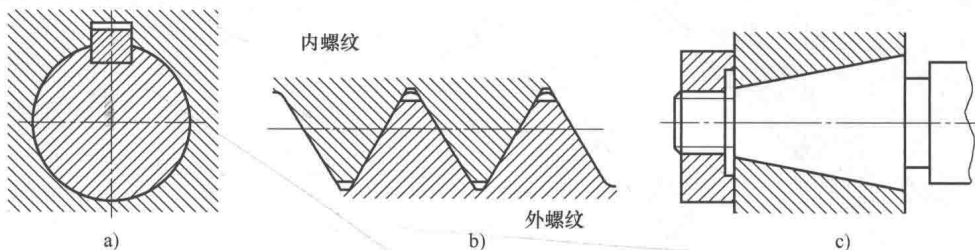


图 2-1 孔与轴

a) 键与键槽 b) 内螺纹与外螺纹 c) 圆锥轴与圆锥孔

从加工的角度来理解孔和轴, 孔的尺寸越加工越大, 轴的尺寸越加工越小。从配合的角度看, 孔是包容面, 轴是被包容面。

一般来说, 零部件上的尺寸, 要么是孔, 要么是轴。但有一类尺寸例外, 既不是孔也不是轴, 如两个孔的中心距。

### 2.1.2 有关线性尺寸的术语与定义

尺寸通常分为线性尺寸和角度尺寸两类。线性尺寸 (简称尺寸) 是指两点之间的距离。按尺寸的产生和存在状态, 尺寸分为公称尺寸、实际尺寸和极限尺寸。

#### 1. 公称尺寸

公称尺寸是指由图样规范确定的理想形状要素的尺寸。用符号  $D$  和  $d$  分别表示孔、轴的公称尺寸, 如图 2-2 所示。例如, 图样上标注的  $\phi 50^{+0.025}_0$ 、50、 $50^{+0.025}_{-0.013}$  中的 50 都是公称尺寸。

#### 2. 实际尺寸

实际尺寸是指零件加工后通过测量所获得的尺寸。孔和轴的实际尺寸分别用  $D_a$  和  $d_a$  表示。这里的测量, 特指用两点法测量 (指两相对点之间的距离的测量), 如图 2-3 所示。

对于实际尺寸, 需要注意两个问题: ①由于形状误差的存在, 孔、轴的实际尺寸不唯一; ②实际尺寸是含有测量误差的非真实尺寸。