



普通高等教育“十三五”规划教材  
普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材



# 机械精度设计与检测基础

翟国栋 编著

 科学出版社

普通高等：教材

普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材

# 机械精度设计与检测基础

翟国栋 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

“机械精度设计与检测基础”课程是高等院校机械类、仪器仪表类和机电类必修的主干技术基础课程，是联系设计课程与工艺课程的纽带。本书内容包括绪论、尺寸精度设计与检测、几何精度设计与检测、测量技术与数据处理、光滑工件尺寸的检测、尺寸链基础、表面微观轮廓精度设计及其检测、滚动轴承的精度设计与检测、键连接的精度设计与检测、螺纹结合的精度设计与检测、圆锥配合的精度设计、渐开线圆柱齿轮传动的精度设计与检测、机械精度设计实例、现代机械精度设计与检测技术等。

本书可作为高等院校相关专业的本科生教材，也可供各类工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计与检测基础/翟国栋编著. —北京: 科学出版社, 2016.9

(普通高等教育“十三五”规划教材·普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材)

ISBN 978-7-03-049478-8

I. ①机… II. ①翟… III. ①机械-精度-设计-高等学校-教材 ②机械元件-检测-高等学校-教材 IV. ①TH122②TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 179980 号

责任编辑: 毛 莹 张丽花/ 责任校对: 桂伟利

责任印制: 徐晓晨/ 封面设计: 迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 9 月第一次印刷 印张: 16 1/2

字数: 391 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 前 言

本书在满足课程教学基本要求的基础上,根据教学改革及学科发展的需要,精选教学内容,突出精度设计主线并强化理论联系实际。坚持“少而精”和“学以致用”的原则,根据教学需要补充了大量例题和习题;补充了精度设计实例和具体测量实例,加强精度设计实例的分析,力争提高学生精度设计能力。教材涉及的公差标准均是现行标准,主要有以下特点:

(1) 本书借鉴经典教材的理论体系,在兼顾理论体系完整的同时,精选教学内容,突出精度设计主线并强化理论联系实际,特别是结合工程应用的实例能够启发学生的工程应用能力。

(2) 采用最新颁布的相关国家标准,参考最新出版的同类教材,融入编者多年的教学经验,力求遵循教学规律,便于学生掌握和自学。

(3) 紧跟学科发展,及时反映最新成果,如教材中包括现代测量实例(三坐标测量机在典型机械零部件中的测量实践)和计算机在机械精度设计中的应用。

(4) 在深入研究教学要求的基础上,结合教学实践,坚持“少而精”和“学以致用”的原则,以培养学生的综合设计能力为主线,加强应用性内容,强调机械精度设计。

(5) 将精度设计与精度检测相结合,保持知识的连贯性,为便于教学,补充了大量例题和习题。

(6) 本书可提供配套电子课件,供教师教学参考。

全书由中国矿业大学(北京)翟国栋编著,汪爱明博士审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵意见。感谢研究生孟俐利、徐晨、吴飞、陈巧珍等在资料整理、校对等方面的辛苦工作,感谢机械2010级本科生康宁、2011级本科生成相宜在现代机械精度设计与检测方面的辛勤工作,感谢机械2012级本科生李明阳、2013级本科生关贞成、孙倩等在试用讲义过程中所提出的意见和建议。在本书的编写过程中,参考和引用了国内外有关研究者的部分研究成果,参考文献中已经一一列举,在此向他们表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

2016年5月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 机械精度设计概述 .....	1
1.2 机械零件几何精度设计的原则 —— 互换性原则 .....	1
1.2.1 互换性的含义 .....	1
1.2.2 互换性的作用 .....	2
1.2.3 互换性的分类 .....	2
1.2.4 互换性的实现 .....	2
1.3 加工误差、公差与测量 .....	3
1.3.1 加工误差 .....	3
1.3.2 公差 .....	3
1.3.3 测量 .....	3
1.4 标准与标准化 .....	3
1.4.1 标准和标准化的含义 .....	3
1.4.2 标准的分类和分级 .....	4
1.5 优先数和优先数系 .....	4
1.5.1 数值标准化的意义 .....	4
1.5.2 优先数系 —— 数值标准化 .....	5
1.6 机械精度设计的主要方法 .....	5
1.7 本课程的性质及任务 .....	6
习题 1 .....	6
<b>第 2 章 尺寸精度设计与检测</b> .....	8
2.1 尺寸精度设计的基本概念 .....	8
2.1.1 有关孔和轴的定义 .....	8
2.1.2 有关尺寸的术语及定义 .....	8
2.1.3 有关偏差和公差的术语及定义 .....	9
2.1.4 有关配合的术语及定义 .....	12
2.2 公差与配合国家标准 .....	16
2.2.1 标准公差系列 .....	16
2.2.2 基本偏差系列 .....	18
2.2.3 公差带代号、配合代号及其在图样上的标注 .....	24
2.2.4 国家标准规定的公差带与配合 .....	28
2.3 尺寸精度设计 .....	30

2.3.1	基准制的选择	30
2.3.2	公差等级的选择	31
2.3.3	配合的选择	34
2.3.4	未注公差尺寸的公差标准 (一般公差)	38
2.3.5	尺寸精度设计示例	38
习题 2		40
<b>第 3 章</b>	<b>几何精度设计与检测</b>	<b>41</b>
3.1	基本术语及定义	41
3.1.1	几何公差的研究对象	41
3.1.2	几何要素的分类	42
3.2	几何公差项目及符号	43
3.2.1	几何误差和几何公差	43
3.2.2	几何公差带	43
3.2.3	几何公差带的特点	43
3.2.4	几何公差的标注	44
3.2.5	几何公差的简化标注及其他	50
3.3	公差原则与公差要求	51
3.3.1	有关术语及定义	51
3.3.2	独立原则	54
3.3.3	包容要求	55
3.3.4	最大实体要求	56
3.3.5	最小实体要求	58
3.3.6	可逆要求	60
3.4	几何公差的国家标准	62
3.4.1	平行度、垂直度、倾斜度公差 (GB/T 1184—1996)	62
3.4.2	同轴度、对称度、圆跳动和全跳动 (GB/T 1184—1996)	63
3.4.3	圆度和圆柱度公差值 (GB/T 1184—1996)	63
3.4.4	直线度、平面度公差 (GB/T 1182—2008)	64
3.4.5	锥度和角度公差 (JB1—1959)	65
3.5	几何精度的设计	65
3.5.1	几何公差项目的选择	65
3.5.2	基准要素的选择	66
3.5.3	几何公差值的选择	66
3.5.4	几何公差等级应用	67
3.5.5	公差原则及公差要求的选择	68
3.5.6	几何精度的设计实例	69
3.5.7	未注几何公差值的规定	71
3.6	几何误差及检测	73

3.6.1	几何误差的检测原则	73
3.6.2	几何误差的评定	74
3.6.3	形状误差及其评定	74
3.6.4	定向误差及其评定	82
3.6.5	位置误差及其评定	83
3.6.6	跳动公差	93
	习题 3	95
<b>第 4 章</b>	<b>测量技术与数据处理</b>	<b>98</b>
4.1	测量技术基础	98
4.1.1	测量的基本概念	98
4.1.2	长度基准和量值的传递	98
4.1.3	量块的基本知识	100
4.1.4	计量器具与测量方法	103
4.2	测量误差及数据处理	106
4.2.1	测量误差的基本概念	106
4.2.2	测量误差的分类	106
4.2.3	测量列中各类误差的处理	108
4.2.4	测量误差的数据处理实例	113
	习题 4	116
<b>第 5 章</b>	<b>光滑工件尺寸的检测</b>	<b>117</b>
5.1	光滑工件尺寸的检测	117
5.1.1	尺寸检测概述	117
5.1.2	验收原则	117
5.2	光滑极限量规	120
5.2.1	概述	120
5.2.2	量规设计	122
	习题 5	126
<b>第 6 章</b>	<b>尺寸链基础</b>	<b>128</b>
6.1	概述	128
6.1.1	术语定义	128
6.1.2	尺寸链的类型	130
6.2	完全互换法计算直线尺寸链	131
6.2.1	极值法解尺寸链的基本公式	131
6.2.2	校核计算	132
6.2.3	设计计算	133
6.3	用概率法解尺寸链	136
6.3.1	大数互换法解尺寸链的基本公式	137
6.3.2	用大数互换法解尺寸链的实例	138

6.3.3	分组装配法	139
6.3.4	修配补偿法	139
6.3.5	调整补偿法	139
习题 6		140
<b>第 7 章</b>	<b>表面微观轮廓精度设计及其检测</b>	<b>143</b>
7.1	概述	143
7.1.1	零件表面形貌的分类	143
7.1.2	表面粗糙度对零件使用性能的影响	144
7.2	表面粗糙度的评定	145
7.2.1	主要术语及定义	145
7.2.2	表面粗糙度的评定参数	146
7.2.3	表面粗糙度的国家标准	148
7.3	表面粗糙度的标注、选用、测量	149
7.3.1	表面粗糙度在图样上的标注	149
7.3.2	表面粗糙度的选用	154
7.3.3	表面粗糙度的测量	155
习题 7		156
<b>第 8 章</b>	<b>滚动轴承的精度设计与检测</b>	<b>157</b>
8.1	滚动轴承的互换性和公差等级	157
8.1.1	滚动轴承的互换性	157
8.1.2	滚动轴承的公差等级及其应用	157
8.2	滚动轴承内、外径及相配轴颈、外壳孔的公差带	158
8.2.1	滚动轴承内、外径公差带的特点	158
8.2.2	与滚动轴承配合的轴颈和外壳孔的常用公差带	159
8.3	滚动轴承与孔、轴结合的精度设计	160
8.3.1	滚动轴承公差等级的选择	160
8.3.2	与轴颈、外壳孔配合的选择 (即轴颈、外壳孔尺寸公差带的选择)	160
8.3.3	轴颈、外壳孔的公差等级、形位公差、表面粗糙度的选择	163
8.3.4	滚动轴承与孔、轴结合的精度设计示例	164
习题 8		165
<b>第 9 章</b>	<b>键连接的精度设计与检测</b>	<b>166</b>
9.1	普通平键连接的公差与配合	166
9.1.1	概述	166
9.1.2	平键连接的公差与配合	166
9.1.3	平键连接的形位公差和表面粗糙度	167
9.2	矩形花键连接的公差与配合	169
9.2.1	概述	169
9.2.2	矩形花键的主要参数和定心方式	170



9.2.3	矩形花键连接的公差与配合	171
9.2.4	矩形花键的形位公差和表面粗糙度	172
9.2.5	矩形花键的标注	173
9.2.6	矩形花键的检测	174
	习题 9	174
<b>第 10 章</b>	<b>螺纹结合的精度设计与检测</b>	<b>175</b>
10.1	螺纹的分类及使用要求	175
10.2	普通螺纹的基本几何参数	175
10.3	螺纹几何参数误差对互换性的影响	177
10.4	螺纹作用中径和中径合格性判断原则	179
10.5	普通螺纹的公差与配合	180
10.6	普通螺纹的测量	186
	习题 10	187
<b>第 11 章</b>	<b>圆锥配合的精度设计</b>	<b>188</b>
11.1	概述	188
11.2	圆锥公差	191
11.2.1	圆锥公差及给定方法	191
11.2.2	圆锥公差的选用	193
11.2.3	圆锥配合	194
11.3	锥度的检测	196
	习题 11	196
<b>第 12 章</b>	<b>渐开线圆柱齿轮传动的精度设计与检测</b>	<b>197</b>
12.1	渐开线圆柱齿轮传动的使用要求	197
12.2	影响圆柱齿轮精度的主要误差来源	197
12.2.1	几何偏心	198
12.2.2	运动偏心	198
12.3	圆柱齿轮精度的评定参数	199
12.3.1	渐开线圆柱齿轮轮齿同侧齿面偏差	199
12.3.2	渐开线圆柱齿轮径向综合偏差与径向跳动	205
12.4	齿轮副和齿轮坯的精度	206
12.4.1	齿轮副的精度	206
12.4.2	齿轮坯的精度	207
12.5	渐开线圆柱齿轮精度等级及其应用	207
12.6	渐开线圆柱齿轮精度设计	209
12.6.1	齿轮精度等级的确定	209
12.6.2	最小法向侧隙和齿厚极限偏差的确定	210
12.6.3	轮齿检验项目的确定	213
12.6.4	齿轮齿面表面粗糙度、轮齿接触斑点	213

---

12.6.5	齿轮精度等级在图样上的标注	215
12.6.6	齿轮精度设计实例	215
习题	12	217
<b>第 13 章</b>	<b>机械精度设计实例</b>	218
13.1	概述	218
13.2	零件图中的精度设计	218
13.2.1	零件图中精度确定的方法及原则	218
13.2.2	零件图精度设计实例	219
13.3	装配图中的精度设计	224
13.3.1	装配图中极限公差与配合确定的方法及原则	224
13.3.2	精度设计中的误差影响因素	225
13.3.3	装配图精度设计实例	227
13.4	几何参数精度设计课程设计	228
<b>第 14 章</b>	<b>现代机械精度设计与检测技术</b>	234
14.1	计算机辅助精度设计	234
14.1.1	计算机辅助精度设计概述	234
14.1.2	计算机辅助精度设计示例	235
14.2	三坐标测量机在机械零部件测量中的应用	236
14.2.1	测量原理	236
14.2.2	阀体类零件的测量	237
附录		243
参考文献		254

# 第1章 绪 论

## 1.1 机械精度设计概述

一般地,在机械产品的设计过程中,需要进行以下三方面的分析计算。

(1) 运动分析与计算:根据机器或机构应实现的运动,由运动学原理,确定机器或机构合理的传动系统,选择合适的机构或元件,以保证实现预定的动作,满足机器或机构运动方面的要求。

(2) 强度的分析与计算:根据强度、刚度等方面的要求,决定各个零件合理的公称尺寸,进行合理的结构设计,使其在工作时能承受规定的负荷,达到强度和刚度方面的要求。

(3) 几何精度的分析与计算:零件公称尺寸确定后,还需要进行精度计算,以决定产品各个部件的装配精度以及零件的几何参数和公差。

需要指出的是,以上三个方面在设计过程中是缺一不可的。本书主要讨论的是机械精度的分析与计算。研究机器的精度时,要处理好机器的使用要求与制造工艺的矛盾。解决的方法是规定合理的公差,并用检测手段保证其贯彻实施。机械精度设计涉及机械设计、机械制造工艺、机械制造计量测试、质量管理与质量控制等多种学科,与机械工业发展密切相关,与 CAD/CAM/CAPP 相辅相成,与计算机技术的发展紧密相连,是一门综合性应用技术基础学科。

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、形状位置和表面粗糙度公差值,用以控制加工误差,从而保证产品的各项性能要求。

本课程是机械类、仪器仪表类专业本科生必修的一门主干专业技术基础课,其目的就是培养学生进行机械零部件几何精度设计的能力,兼顾培养学生对机械精度要求和检测的理解能力,为学生进行机械设计奠定基础。

## 1.2 机械零件几何精度设计的原则 —— 互换性原则

### 1.2.1 互换性的含义

自行车的螺母损坏了或丢失了,怎么办呢?同样,如汽车、缝纫机、金属切削机床的零部件坏了,怎么办呢?买一个相同规格的合格品换上,便能很快使它们恢复原有的使用功能。因为它们都是按互换性要求生产的,即这些零部件具有相互替换的性质。

在机械制造业中,互换性是指按照规定技术要求制造的同一规格的零部件,在装配和更换时,不做任何选择、附加调整或修配就能达到预定使用性能要求的特性。零部件的互换性包括几何参数的互换性(尺寸、形状、位置、表面微观形状误差等)和功能互换性(力学性能、物理化学性能),本课程只讨论几何参数的互换性。

### 1.2.2 互换性的作用

互换性对现代化机械制造业具有非常重大的意义。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车间、工厂进行高效率的专业化生产,然后再集中到总装车间或总装厂进行装配。

(1) 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,从而减轻劳动强度、提高生产效率、保证产品质量、降低生产成本。

(2) 从设计看,按互换性进行设计,就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,从而大大减少计算、绘图等工作量,使设计简便,缩短设计周期,并有利于产品品种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。

(3) 从使用看,零部件具有互换性,可以及时更换那些已经磨损或损坏了的零部件,因此,减少了机器的维修时间和费用,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价值来衡量的,其意义更为重大。

### 1.2.3 互换性的分类

(1) 互换性按互换程度可分为完全互换性和不完全互换性。

完全互换性简称互换性,是指零部件在装配或更换时,不做任何选择,不需调整或修配,装配后满足预定的性能要求,如日常生活中所用电灯泡的互换性。概率互换(大数互换性)属于完全互换性,这种互换性是以一定置信水平为依据,例如置信水平为95%、99%等,使加工好的规格相同的大多数零部件不需任何挑选、调整、修配等辅助处理,在几何参数上就具有彼此互相替换的性能。

不完全互换性也称有限互换性,是指零部件在装配或更换前,允许有附加选择;装配时,允许有附加的调整或辅助加工;装配后能满足使用要求。不完全互换可以用分组互换法、调整法、修配法等不同方法来实现互换性。

通常情况下,使用要求与制造水平、经济效益没有矛盾时,可采用完全互换;反之采用不完全互换。对于厂际间协作往往要求完全互换。部件或构件在同一厂制造和装配时,可采用不完全互换。

(2) 对于标准部件或机构来说,互换性又可分为内互换与外互换。

内互换是指标准部件内部各零件间几何参数的互换性。外互换是指标准部件与其相配件间的互换性。例如滚动轴承,其外圈外径与机座孔、内圈内径与轴颈的配合为外互换;外圈、内圈滚道直径与滚动体间的配合为内互换。

### 1.2.4 互换性的实现

若将同一规格零件的几何量制作得完全相同显然可以实现互换,但在生产上不可能(存在加工误差),且没有必要。零部件在实际制造过程中,由于加工设备、工具不可避免地存在误差,要使同一规格的一批零件或部件几何参数的实际值完全相同是不可能的,它们之间或多或少会存在着差异。因此,要保证其具有互换性,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与其理论值充分接近,就必须将其实际值的变动量限定在一定范围内,这个范围称为公差。

## 1.3 加工误差、公差与测量

### 1.3.1 加工误差

加工误差是指加工过程中产生的尺寸、几何形状和相互位置误差。随着制造技术水平的提高,可以减小加工误差,但永远不可能消除加工误差。加工误差可分为以下几种。

(1) 尺寸误差:指一批工件的尺寸变动量,即加工后零件的实际(组成)要素和理想尺寸之差,如直径误差、孔距误差等。

(2) 形状误差:指加工后零件的实际表面形状对于其理想形状的差异或偏离程度,如直线度、圆柱度等。

(3) 位置误差:指加工后零件的表面、轴线或对称平面之间的相互位置对其理想位置的差异或偏离程度,如垂直度、位置度等。

(4) 表面粗糙度:指零件加工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。

### 1.3.2 公差

若加工制成的一批零件的实际(组成)要素数值等于理论值,即这些零件完全相同,虽具有互换性,但在生产上不可能,且没有必要。而实际上只要求零件的实际参数值变动不大,保证零件充分近似即可。要使零件具有互换性,就应按“公差”制造。

公差是指允许尺寸、几何形状和相互位置误差变动的范围,即由设计人员给定的允许零件的最大误差,用以限制加工误差。公差越小,加工越困难,生产成本就越高。建立各种几何参数的公差标准是实现零件误差的控制和保证互换性的基础。

### 1.3.3 测量

完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。检测包含检验与测量。检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内,并判断其是否合格。测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较,以确定被测量的具体数值的过程。技术测量研究内容包括统一计量单位和测试理论。统一计量单位是用什么单位计量以及量值的传递;测试理论包括制定计量标准、设计计量器具、培训计量人员等。

因此,合理确定公差与正确进行检测,是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

## 1.4 标准与标准化

### 1.4.1 标准和标准化的含义

现代化工业生产的特点是规模大,协作单位多,互换性要求高,为了正确协调各生产部门和准确衔接各生产环节,必须有一种协调手段,使分散的局部的生产部门和生产环节保持

必要的技术统一而成为一个有机的整体,以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段,是实现互换性的基础。

### 1. 标准的含义

标准是对重复性事物(产品、零件、部件)和概念(术语、规则、代号和量值)所作的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。

### 2. 标准化的含义

标准化包括制定、发布、贯彻实施以及不断修订标准的全部活动过程,其核心是贯彻实施标准。标准化是以标准的形式体现的,是一个不断循环、不断提高的过程。

## 1.4.2 标准的分类和分级

### 1. 标准的分类

按标准的不同性质可分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三类,技术标准是对产品和工程建设质量、规格及检验方面所作的技术规定,包括基础标准、产品标准、方法标准、安全卫生标准与环境保护标准。按标准的法律属性可分为强制性标准和推荐性标准。按标准使用程度不同,标准分为基础标准和一般标准。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础,被普遍使用并具有广泛指导意义的标准,如机械制图、公差与配合、计量单位、优先数系等标准。一般标准是在一定范围内普遍使用,具有广泛指导意义的标准。

### 2. 标准的分级

标准制定的范围不同,其级别也不一样。我国标准分为国家标准(GB)、地方标准、行业标准和企业标准(QB)四个级别。如机械标准(JB)属行业标准。从世界范围看,还有国际标准(如ISO)和国际区域性标准(如IEC)。

### 3. 标准化的意义

标准化是组织现代化大生产的重要手段,是实现专业化协作生产(实现互换)的必要前提,是科学管理的重要组成部分。标准化同时是联系科研、设计、生产、流通和使用等方面的纽带,是使整个社会经济合理化的技术基础。标准化也是发展贸易、提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。

## 1.5 优先数和优先数系

### 1.5.1 数值标准化的意义

制定公差标准以及设计零件的结构参数时,都需要通过数值表示。任何产品的参数值不仅与自身的技术特性有关,还直接、间接地影响与其配套系列产品的参数值。在机械设计中,常需要确定很多参数,而这些参数往往不是孤立的,一旦选定,这个数值就会按照一定规律,向一切有关的参数传播,称为“数值扩散”。例如,螺栓的尺寸一旦确定,将会影响螺母的尺寸、丝锥板牙的尺寸、螺栓孔的尺寸以及加工螺栓孔的钻头的尺寸等。由于数值如此不断关

联、不断传播,所以,机械产品中的各种技术参数都不能随意确定。为满足不同的需求,产品必然出现不同的规格,形成系列产品。产品数值的杂乱无章会给组织生产、协作配套、使用维修带来困难,所以技术参数应在一个理想的、统一的数系(优先数系)中选取。

### 1.5.2 优先数系——数值标准化

优先数系是一种十进制的几何级数。《优先数和优先数系》国家标准(GB/T 321—2005)规定了5个不同公比的十进制近似等比数列作为优先数系,分别用系列代号R5、R10、R20、R40、R80表示,依次称为R5系列、R10系列、R20系列、R40系列、R80系列。前四项为基本系列,是常用的系列;R80为补充系列,仅用于参数分级很细或基本系列中的优先数不能满足需要的场合。它们的公比分别为

$$\text{R5 系列公比为 } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$$

$$\text{R10 系列公比为 } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$\text{R20 系列公比为 } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$\text{R40 系列公比为 } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

$$\text{R80 系列公比为 } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

其中,优先数系中的每一个数(项值)即为优先数。

优先数系的应用原则为先基本系列再补充系列,先大公比后小公比。实际应用时均采用理论公比经圆整后的近似值。根据圆整的精确程度可分为计算值和常用值,计算值是对理论值取5位有效数字的近似值,在做参数系列的精确计算时可以代替理论值;常用值是经常使用的通常所称的优先数,取3位有效数字。优先数系基本系列见表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	1.12	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00	2.24	2.50	2.80	3.15
	3.55	4.00	4.50	5.00	5.60	6.30	7.10	8.00	9.00	10.00	
R40	1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80
	1.90	2.00	2.12	2.24	2.36	2.50	2.65	2.80	3.00	3.15	3.35
	3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.30	5.60	6.00	6.30
	6.70	7.10	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00			

## 1.6 机械精度设计的主要方法

机械精度设计的方法主要有类比法、计算法和试验法三种。

### 1. 类比法

类比法就是与经过实际使用证明合理的类似产品上的相应要素相比较,确定所设计零件几何要素的精度方法。

采用类比法进行精度设计时,必须正确选择类比产品,分析它与所设计产品在使用条件和功能要求等方面的异同,并考虑实际生产条件、制造技术的发展、市场供求信息等多种因

素。采用类比法进行精度设计的基础是资料的收集、分析与整理。类比法是大多数零件要素精度设计采用的方法。类比法亦称经验法。

### 2. 计算法

计算法就是根据由某种理论建立起来的功能要求与几何要素公差之间的定量关系, 计算确定零件要素的精度。

例如: 根据液体润滑理论计算确定滑动轴承的最小间隙; 根据弹性变形理论计算确定圆柱结合的过盈; 根据机构精度理论和概率设计方法计算确定传动系统中各传动件的精度等。

目前, 用计算法确定零件几何要素的精度, 只适用于某些特定的场合, 而且, 用计算法得到的公差, 往往还需要根据多种因素进行调整。

### 3. 试验法

试验法就是先根据一定条件, 初步确定零件要素的精度, 并按此进行试制, 再将试制产品在规定的使用条件下运转, 同时, 对其各项技术性能指标进行监测, 并与预定的功能要求相比较, 根据比较结果再对原设计进行确认或修改。经过反复试验和修改, 就可以最终确定满足功能要求的合理设计。试验法的设计周期较长且费用较高, 因此主要用于新产品设计中个别重要要素的精度设计。

迄今为止, 几何精度设计仍处于以经验设计为主的阶段。大多数要素的几何精度都是采用类比的方法凭实际工作经验确定的。

计算机科学的兴起与发展为机械设计提供了先进的手段和工具。但是, 在计算机辅助设计 (CAD) 领域中, 计算机辅助公差设计 (CAT) 的研究才刚刚开始。其中, 不仅需要建立和完善精度设计的理论与精确设计的方法, 而且要建立具有实用价值和先进水平的数据库以及相应的软件系统, 只有这样才能使计算机辅助公差设计进入实用化的阶段。

## 1.7 本课程的性质及任务

机械精度设计与检测基础课程是高等学校机械类和仪器仪表类专业一门重要的技术基础课, 是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。通过本课程的学习, 学生应达到以下要求:

- (1) 掌握公差与配合的基本概念及有关的基本术语和定义。
- (2) 掌握本课程中几何量公差标准和基本内容、特点和应用原则。
- (3) 根据机器和零件的功能要求, 选用合适的公差与配合进行精度设计, 并能正确地标注到图样上。
- (4) 掌握一般几何参数测量的基础知识。
- (5) 了解各种典型零件的测量方法, 学会使用常用的计量器具进行精度检测。

### 习 题 1

1. 完全互换和不完全互换有什么区别? 各应用于什么场合?
2. 什么是标准、标准化?



3. 公差、检测、标准化与互换性有什么关系?
4. 什么是优先数? 我国标准采用了哪些系列?
5. 建立公差、检测与标准化机制有何重要意义?
6. 按标准颁发的级别分, 我国标准有哪几种?
7. 什么叫互换性? 互换性的分类有哪些?
8. 生产中常用的互换性有几种? 采用不完全互换的条件和意义是什么?
9. 互换性在机械制造中有何重要意义? 是否只适用于大批量生产?
10. 下面两列数据属于哪种系列? 公比  $q$  为多少?
  - (1) 电动机转速有 (单位为  $r/min$ ): 375、750、1500、3000·……
  - (2) 摇臂钻床的主参数: 25、40、6。
  - (3) 最大钻孔直径 (单位为  $mm$ ): 3、80、100、125 等。