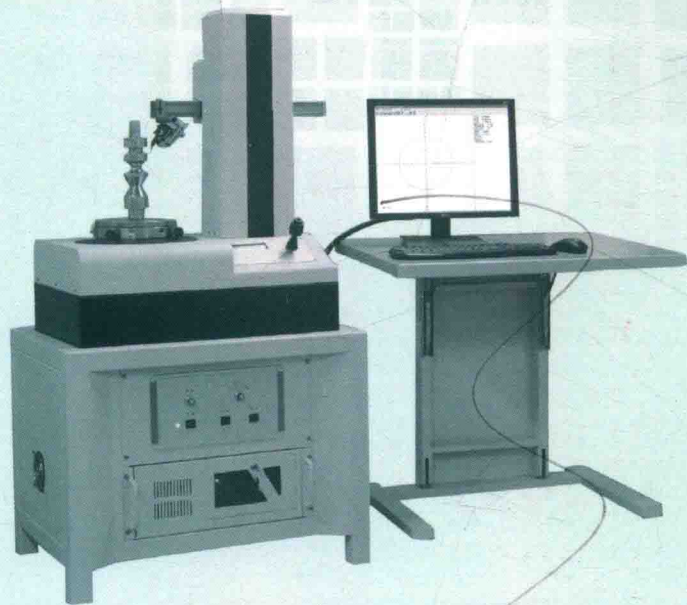




西安交通大学 本科“十三五”规划教材  
普通高等教育机械类专业“十三五”规划教材

# 机械精度设计基础

主编 蒋庄德 苑国英



西安交通大学出版社  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



西安交通大学 本科“十三五”规划教材  
普通高等教育机械类专业“十三五”规划教材

711161

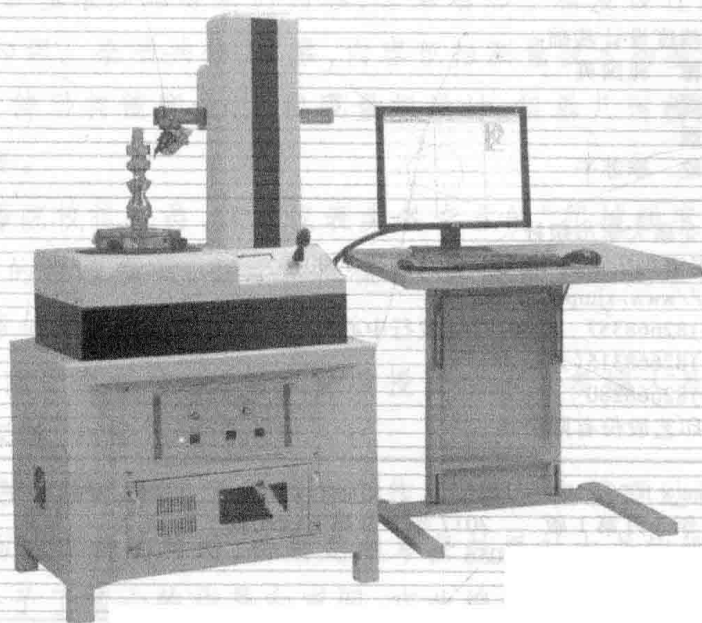
8

# 机械CAD基础

主编 蒋庄德 苑国英

参编 景蔚萱 丁建军 赵立波 王琛英 刘涛

主审 赵卓贤



西安交通大学出版社  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

## 内容简介

本书以设计为主线,介绍了机械精度设计的基本知识,掌握公差与配合精度设计的基本原理、原则与方法,典型结合件精度设计基本知识及获取测量技术及产品质量保证的基本技能。同时增加了表面粗糙度光学测量、纳米标准样板及基准溯源等新的内容,每章增加了精度设计的实例,加强了精度设计的基础知识。全书共分10章,内容包括测量技术的基本知识、几何量精度、典型结合及传动件精度设计、极限量规设计、机器几何精度设计等。

本书可作为高等院校机械类、仪器仪表类各专业的“机械精度设计”“互换性与测量技术基础”的课程教材,也可供机械、仪器仪表工程技术人员及计量、检验与管理人员参考使用。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计基础/蒋庄德,苑国英主编. —西安:西安交通大学出版社, 2017.8

ISBN 978-7-5693-0056-7

I. ①机… II. ①蒋…②苑… III. ①机械-精度-设计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第211684号

---

书 名 机械精度设计基础  
主 编 蒋庄德 苑国英  
策划编辑 鲍 媛  
责任编辑 鲍 媛  
文字编辑 雷萧屹 季苏平

---

出版发行 西安交通大学出版社  
(西安市兴庆南路10号 邮政编码710049)  
网 址 <http://www.xjtpress.com>  
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)  
(029)82668315(总编办)  
传 真 (029)82668280  
印 刷 虎彩印艺股份有限公司

---

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 19.5 字数 461千字  
版次印次 2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5693-0056-7  
定 价 58.00元

---

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82665397

读者信箱:banquan1809@126.com

版权所有 侵权必究

# 前 言

《机械精度设计》作为高等学校和西安交通大学机械设计课程体系改革新编的系列教材之一,是机械基础系列课程的重要组成部分,机械基础系列课程是针对机械类学生的培养目标而设置的新的课程体系,该教材由蒋庄德主编于2000年8月西安交通大学出版社出版,已使用了17年之久,得到了全国高等工业学校同行的大力支持。随着科学技术的发展与国家相关标准的更新,教材中涉及到几何参数误差的标准、评定与检测等有关内容与科技发展不相适应,因此我们对原教材进行了修订。这本名为《机械精度设计基础》的新编教材体现出传承、创新、融合的理念,全书以精度设计为主线,并增加了表面粗糙度光学测量、纳米标准样板及基准溯源等新的内容,每章增加了精度设计的实例,加强了精度设计的基础知识。全书共分10章,内容包括测量技术的基本知识、几何量精度、典型结合及传动件精度设计、极限量规设计、机器几何精度设计,全书按最新国家标准编写。

本书可作为高等院校机械类、仪器仪表类各专业的“机械精度设计”“互换性与测量技术基础”的课程教材,也可供机械、仪器仪表工程技术人员及计量、检验与管理人员参考使用。

全书由蒋庄德、苑国英任主编,赵卓贤教授任主审。参编人员有:景蔚萱、丁建军、赵立波、王琛英、刘涛。

教学体系改革是一项艰巨而又细致的工作,本教材在编写过程中,得到西安交通大学有关方面的支持和帮助,特别是赵卓贤教授对本书的编写提出了许多建设性的意见,给予了精心的指导和审阅,在此编者表示衷心的感谢。由于编者水平所限,书中不足之处在所难免,恳请读者予以赐教。

编者

2017年7月于西安交通大学

# 目 录

前言	(1)
第1章 绪论	(1)
1.1 前言	(1)
1.2 机械精度设计的一般步骤	(2)
1.3 机械精度设计原则	(3)
1.4 标准化及其与互换性的关系	(6)
1.5 优先数和优先数系	(7)
附表	(10)
第2章 测试技术的基本知识	(11)
2.1 基本概念	(11)
2.2 量值的传递	(15)
2.3 计量器具与测量方法的选择	(20)
2.4 测量误差与测量数据处理	(31)
2.5 微纳米测试技术及应用	(40)
习题	(49)
附表	(50)
第3章 几何量精度	(57)
3.1 概述	(57)
3.2 几何参数误差的项目、评定及形位公差标注	(64)
3.3 几何参数公差数值标准	(84)
3.4 形状、位置公差与尺寸公差的关系	(87)
3.5 选用公差值的方法	(91)
3.6 几何参数误差的检测	(102)
3.7 几何形状误差的光学测量方法	(108)
习题	(122)
附表	(129)

<b>第 4 章 光滑圆柱结合的精度设计</b>	(138)
4.1 概述	(138)
4.2 光滑圆柱结合的特点、要求及其互换性	(138)
4.3 配合代号及其选用	(142)
习题	(153)
附表	(154)
<b>第 5 章 滚动轴承结合的精度设计</b>	(162)
5.1 滚动轴承概述	(162)
5.2 滚动轴承的公差等级及应用	(162)
5.3 滚动轴承内、外径公差带的特点	(166)
5.4 滚动轴承与轴颈及外壳孔的配合	(166)
5.5 滚动轴承配合的精度设计	(167)
5.6 轴颈、外壳孔的几何公差与表面粗糙度选择要求	(172)
5.7 基于圆度仪的轴承测量	(174)
习题	(176)
<b>第 6 章 键、花键结合的精度设计</b>	(178)
6.1 键、花键概述	(178)
6.2 键联结的公差与配合	(179)
6.3 平键精度设计	(180)
6.4 矩形花键精度设计	(188)
习题	(196)
<b>第 7 章 螺纹结合的精度设计</b>	(197)
7.1 螺纹结合的特点与要求	(197)
7.2 普通螺纹结合的精度设计	(198)
7.3 传动螺纹结合的精度设计	(206)
7.4 螺纹检测	(209)
习题	(213)
附表	(213)
<b>第 8 章 渐开线圆柱齿轮传动的精度设计</b>	(220)
8.1 渐开线圆柱齿轮传动的特点与要求	(220)
8.2 渐开线圆柱齿轮传动误差的主要来源	(221)
8.3 渐开线圆柱齿轮传动精度的评定指标	(224)
8.4 渐开线圆柱齿轮精度标准	(230)
8.5 渐开线圆柱齿轮基本精度设计与选用	(232)

8.6	齿轮副精度设计 .....	(234)
8.7	图样标注 .....	(239)
8.8	设计举例 .....	(239)
8.9	基于齿轮测量中心的齿轮检测 .....	(241)
	习题 .....	(253)
	附表 .....	(254)
<b>第9章</b>	<b>极限量规设计基础 .....</b>	<b>(265)</b>
9.1	基本概念 .....	(265)
9.2	量规公差带的布置方案 .....	(266)
9.3	光滑极限量规公差带布置 .....	(267)
9.4	位置量规公差带布置 .....	(271)
9.5	花键和螺纹量规公差带布置 .....	(277)
	习题 .....	(280)
	附表 .....	(281)
<b>第10章</b>	<b>机器几何精度设计 .....</b>	<b>(286)</b>
10.1	概述 .....	(286)
10.2	静态精度设计方法——尺寸链 .....	(290)
	习题 .....	(302)
<b>参考文献</b>	.....	<b>(303)</b>

# 绪论

# 1

## 1.1 前言

机械精度设计是与机械工业发展密切相关的基础学科,它不仅涉及机械设计、机械制造、计量测试、质量管理与质量控制等许多方面,也与智能制造的发展紧密相连,如今已形成一门综合性应用技术的基础学科。

随着科学技术与工业的迅速发展,中国制造 2025 确立了以“智能制造”为主攻方向。机械学科体系正向以设计为目标的学科体系发展,而设计又由静态向动态、由单学科向多学科综合发展。机械精度设计不仅是现代机械工业发展的基础,而且又与计算机、激光、通讯、材料、精密工程、环境工程、生物工程等学科的发展密切相关。因此,加强本学科的教学和科学研究,不断改革充实和完善其内容,努力提高本学科的理论水平和应用水平,对于培养、提高工程科技人才的素质,促进我国机械工业的改造与发展,提高我国工业产品在国际市场上的竞争能力有着十分重要的意义。

机械精度设计的涵盖面宽,涉及的基础理论和知识较多,原有课程“互换性与测量技术基础”的体系已不太适应本学科发展的要求。因此,有必要对其进行较大幅度的修改和补充。我校曾于 1961 年编写过《互换性与技术测量》教材,该书经当时机械制造工艺及设备专业教材选编会议推荐为高等学校试用教科书,由中国工业出版社出版。1980 年,面临我国基础标准积极采用国际标准以及“互换性与技术测量”课程全面恢复的形势,国内迫切需要编写一本新教材,以满足当时的需要。在全国 16 所高等学校发起下,我校又参加并主编了一本《公差与技术测量》,由辽宁人民出版社出版,作为新教材的过渡,该书当时曾畅销全国。随着改革形势发展的进一步需要,我们在全中国高校《互换性与技术测量》教材编审小组制定的教学大纲指导下,在教学内容和体系上又进行了一些革新,感到当时一些教材难于适应我们的教学要求,于是在 1988 年编写了一本体系较新的《互换性与测量技术基础》,经过几年试用后,这本由赵卓贤、董树信主编的教材于 1993 年在西安交通大学出版社正式出版。面向 21 世纪的高等教育,国家提出了培养素质、培养能力、培养创新意识的要求,并要求拓宽专业面,面向通用教材教育方向发展。为此,我校在机械工程教育方面,提出了机械设计系列课程改革的方案。在此系列课程之内,机械精度设计是必不可少的一门,原有的“互换性与测量技术基础”课程,虽然具有精度设计的内涵,但没有真正以精度设计为主线,而且认识性内容多,创造性内容少。有鉴于此,我们在《互换性与测量技术》的基础上在全国率先提出该课程改革方向,进而又在全国首次编写和出版了《机械精度设计》教材,由蒋庄德、



## 2 机械精度设计基础

苑国英主编,于2000年8月在西安交通大学出版社出版,目前已经使用了17年之久,得到了全国高等工业学校同行和老师们的全力支持。随着科学技术的发展与相关标准的更新,教材中涉及到的几何参数误差的标准、评定与检测已跟不上时代的需要。因此我们对原教材进行了修订,并将教材名称更名为《机械精度设计基础》,新编的教材体现出传承、创新、融合的理念,全书以精度设计为主线,每章增加了精度设计的实例,加强了精度设计的基础知识。

本课程将为学生进行机械精度设计奠定基础。它是各类机械、仪器仪表设计与制造专业学生必修的一门主干技术基础课。

### 1.2 机械精度设计的一般步骤

机械精度设计涵盖的任务包括机器的改型精度设计、扩大机器使用范围的附件精度设计以及新机器的精度设计。随着科学技术的发展,计算机辅助精度设计、并行设计、虚拟设计以及动态精度设计等新的方法和技术被不断采用和推广。采用现代化的设计手段使得机械精度设计进入到一个崭新的领域。具体的设计步骤可大致归纳如下。

#### 1.2.1 明确设计任务和技术要求

机械精度设计对象的技术要求是设计的原始依据,所以必须首先明确。除此以外还要弄清设计对象所用的材料、生产批量和工艺方法。

#### 1.2.2 调查研究

在明确设计任务和技术要求的基础上,必须做深入的调查研究,主要要做到深入掌握现实情况和大量占有技术资料两方面。务使在主要方面无一遗漏,做到对情况了如指掌。具体来说,要调查清楚以下几个问题:

- (1) 设计对象有什么特点,应用在什么场合。
- (2) 目前在使用中的同类机器或仪器有哪些,各有什么特点,包括原理、精度、使用范围、结构特点、使用性能等。特别以整体来看要明确这类机器“改善性能”的趋势,以及它们在设计上会成为问题的地方。
- (3) 征询需方对现有机器或仪器改进的意见和要求,以及对新产品设计的需求和希望。
- (4) 了解承担机器或仪器制造工厂的生产条件、工艺方法,以及生产设备的先进程度、自动化程度和制造精度等。
- (5) 查阅资料,充分掌握国内外有关这一设计问题的实践经验和基础研究两方面的动态和趋势。

#### 1.2.3 总体精度设计

在明确设计任务和深入调查之后,可进行总体精度设计。总体精度设计包括:

- (1) 系统精度设计。它包括设计原理、设计原则的依据,以及总体精度方案的确定等。
- (2) 主要参数精度的确定。
- (3) 各部件精度的要求。
- (4) 总体精度设计中其他问题的考虑。总体精度设计是机器设计的关键一步。在分析

时,要画出示意草图,画出关键部件的结构草图,进行初步的精度试算和精度分配。

#### 1.2.4 具体结构精度设计计算

具体结构精度设计计算包括以下内容:

(1) 部件精度设计计算。

(2) 零件精度设计计算。在设计零部件精度过程中,要分析总体精度设计中原有考虑不周的地方,以及原来考虑错误的地方,还要注意零部件几何参数精度的相互配合,若要更改时要考虑其相互协调统一。

### 1.3 机械精度设计原则

由于各种机械或仪器产品的不同,如机床、汽车与拖拉机、机车车辆、流体机械、动力机械、仪器仪表等,其机械精度设计的要求和方法不同,但从机械精度设计总的角度来看,应遵循以下几个原则。

#### 1.3.1 互换性原则

“互换性”在此处是指某一产品(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。由此可见,要使产品能够满足互换性的要求,不仅要使产品的几何参数(包括尺寸、宏观几何形状、微观几何形状)充分近似,而且要使产品的机械性能、理化性能以及其他功能参数充分近似。

为什么要使产品的几何参数充分近似,而不能完全一样呢?因为产品在制造过程中,加工设备、工具等或多或少都存在着差异,要使同种产品的几何参数、功能参数完全相同是不可能的,它们之间或多或少地存在着误差。在此情况下,要使同种产品具有互换性,只能使其几何参数、功能参数充分近似。其近似程度可按产品质量要求的不同而不同。为使产品的几何参数、功能参数充分近似就必须将其变动量限制在某一范围内,即规定一定的公差。

##### 1. 机械零件几何参数的互换性

机械零件几何参数的互换性是指同种零件在几何参数方面能够彼此互相替换的性能。机械零件的形体千差万别,仅从一些典型零件来看,就有圆柱形、圆锥形、单键、花键、螺纹、齿轮等。虽然其形体各异,但它们都是由一些点、线、面等几何要素所组成。实际零件在制造中由于“机床—刀具—夹具—工件”工艺系统都有误差存在,致使其尺寸、几何要素之间的相互位置、线与面的宏观几何形状、表面的微观几何形状都或多或少地出现误差,这些误差被称为尺寸误差、位置误差、形状误差和表面粗糙度。为了实现机械零件几何参数的互换性,就必须按照一定的要求把这些几何参数的误差限制在相应的尺寸公差、位置公差、形状公差和表面粗糙度的范围内。

机械零件的用途各式各样,有主要用于结合的,例如圆柱结合、圆锥结合、单键结合、花键结合以及螺纹结合等;有主要用于传动的,例如螺旋副、齿轮副、蜗轮副;有主要用于支承的,如床身、箱体、支架等;有主要用于基准的,如长度量块、角度量块、基准棱体等。无论起什么作用,为实现同种零件的互换性,必须对其几何参数公差提出相应的要求。但是,根据用途的不同,确定几何参数公差的依据也有所不同。用于结合的,主要依据是配合性质;用

于传动的,主要依据是传动和接触精度;用于支承的,主要依据是支承的精度和刚度;用于基准的,主要依据是尺寸传递精度。

## 2. 互换性的种类

按照同种零、部件加工好以后是否可以互换的情形,可把互换性分为完全互换性与不完全互换性两类。

(1)完全互换性。是指同种零、部件加工好以后,不需经过任何挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上便具有彼此互相替换的性能。完全互换性包括概率互换性(大数互换性),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),使同种的绝大多数零、部件加工好以后不需经任何挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上即具有彼此互相替换的性能。

(2)不完全互换性。是指同种零、部件加工好以后,在装配前需经过挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上才具有彼此互相替换的性能。

在不完全互换性中,按实现方法的不同又可分为以下几种:

①分组互换。是指同种零、部件加工好以后,在装配前要先进行检测分组,然后按组进行装配,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。例如滚动轴承内、外圈滚道与滚动体的结合,活塞销与活塞销孔、连杆孔的结合,都是分组互换的。

②调整互换。是指同种零、部件加工好以后,在装配时要用调整的方法改变它在部件或机构中的尺寸或位置,方能满足功能要求。例如燕尾导轨中的调整镶条,在装配时要沿导轨移动方向调整它的位置,方可满足间隙的要求。

③修配互换。指同种零、部件加工之后,在装配时要用去除材料的方法改变它的某一实际尺寸的大小,方能满足功能上的要求。例如普通车床尾座部件中的垫板,在装配时要对其厚度再进行修磨,方可满足普通车床头、尾顶尖中心的等高要求。

从使用要求出发,人们总希望零件都能完全互换,实际上大部分零件也能做到。但有些情形,如受限于加工零件的设备精度、经济效益等因素,要做到完全互换就显得比较困难或不够经济,这时就只有采用不完全互换方法了。

对于标准化的部件,如滚动轴承,由于其精度要求较高,按完全互换的办法进行生产不尽合适,所以轴承内部零件的结合(内、外圈滚道与滚动体的结合)采用分组互换。而轴承内圈与轴,外圈与壳体孔等外部零件的结合,采用完全互换。前者通常称为内互换,后者通常称为外互换。所有标准化的部件,当其内部结合不宜采用完全互换时,可以采用不完全互换的办法,但其外部结合应尽可能采用完全互换,以利于用户使用。

## 3. 互换性的作用

广义来讲,互换性已经成为国民经济各个部门生产建设中必须遵循的一项原则。现代机械制造中,无论大量生产还是单件生产,都应遵循这一原则。

任何机械的设计过程都是:整机—部件—零件。制造过程都是:零件—部件—整机。无论设计过程还是制造过程,都要把互换性的原则贯彻始终(图1-1)。

从设计看,互换性可使其简便,为可以在设计中选用具有互换性的标准化零、部件,从而使设计简化。另一方面,设计者在设计机械时应充分考虑互换性要求,在满足功能要求的前提下,要使机构的组成零件尽可能少,公差尽可能放大,以便于制造和互换。

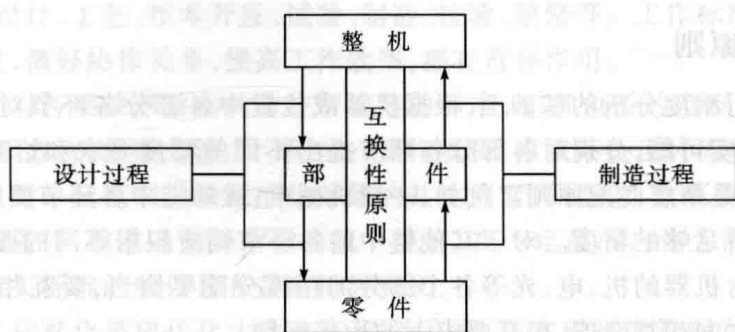


图 1-1 机械生产过程

从制造看,互换性可方便于制造,以取得更好的技术经济效益。另一方面,制造者在制造机械时,亦应充分考虑互换性要求,如尽可能选用标准化的刀、夹、量具,工艺尽可能保持稳定。不仅被加工的零件要严格地控制在规定公差之内,而且应尽可能使其误差分布合理等。

从使用看,互换性可使用户更换零、部件或修理方便、及时。这不仅给个人和家庭生活用品、工厂生产带来极大益处,而且对军事武器、装备而言,其影响则更为关键。

我国在古代应用互换性原理于大量兵器上,其水平处于世界遥遥领先的地位。近年来从秦始皇兵马俑坑出土的上万件兵器证实了这一点,已出土的远射程弓箭的扳机,其几个组成零件都有互换性,零件均可互换。此外,从出土的大量青铜箭头的实测结果看,其功能互换性很好,不仅每一个箭头的三个刃口的分度尺寸和刃口长度尺寸差别很小,而且一批箭头之间的尺寸差别也很小,箭头的表面粗糙度也很高。箭头的几何精度如此之高,反映当时精密铸造及加工水平已有相当高的水平。通过分析还证实,这批箭头的化学成分控制很严格,其表面有一层致密的氧化层,含铬 2% 以起防腐作用。另外,从秦岭出土的铜人和铜车马都是装配式的,各个部分和零件也可互换。总之,这批出土文物充分表明中国最早掌握了互换性原理,而且在冶金、铸造、焊接机械加工等科学技术的各个方面,当时都达到了相当高的水平。

### 1.3.2 经济性原则

经济性原则是一切设计工作都要遵守的一条基本而重要的原则,机械精度设计也不例外。经济性可以从下面几个方面来考虑。

(1) 工艺性。包括加工工艺及装配工艺,若工艺性较好,则易于组织生产,节省工时,节省能源,降低管理费用。

(2) 合理的精度要求。不必要地提高零部件的加工及装配精度,往往会使加工费用成倍增加。

(3) 合理选材。材料费用不应占机器或仪器整个费用的太大分量。元器件成本太高,往往使所生产的机器无法推广应用或滞销。

(4) 合理的调整环节。通过设计合理的调整环节,往往可以降低对零部件的精度要求,达到降低机器成本的目的。

(5) 提高寿命。寿命延长一倍,相当于一台设备当两台用,价格便降低了一半。

### 1.3.3 匹配性原则

在对整机进行精度分析的基础上,根据机器或位置中各部分各环节对机械精度影响程度的不同,根据现实可能,分别对各部分各环节提出不同的精度要求和恰当的精度分配,做到恰到好处,这就是精度匹配原则。例如,一般机械中,运动链中各环节要求精度高,应当设法使这些环节保持足够的精度。对于其他链中的各环节则应根据不同的要求分配不同的精度。再如对于一台机器的机、电、光等各个部分的精度分配要恰当,要互相照顾和适应。特别要注意各部分之间相互牵连、相互要求上的衔接问题。

### 1.3.4 最优化原则

机械精度是由许多零、部件精度构成的集合体,可以主动重复再现其组成零、部件精度间的优化协调。所谓最优化原则,即探求并确定各组成零、部件精度处于最佳协调时的集合体。例如探求并确定先进工艺、优质材料等,这是一种创造性、探索性的劳动。

由于各组成零、部件间精度的最佳协调是有条件的,故可通过实现此条件,来主动重复获得精度间的最佳协调。例如,主动推广先进工艺、发展优质产品等。

按最优化原则,充分利用创造性劳动成果免除重复探索性劳动的损失,反复应用成功的经验,可获得巨大的经济效果。

由于计算机的广泛使用,特别是微型机的普及和推广,对机械精度设计正在产生极为深远的影响。计算机能够处理大量的数据,提高计算的精度和运算速度,准确地分析结果,合理地进行机械的最优化精度设计。

## 1.4 标准化及其与互换性的关系

在我国国家标准《标准化基本术语》(GB 3935.1—83)中,把“标准”定义为:对重复性事物和概念所做的统一规定;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。把“标准化”定义为:在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复性事物和概念通过制订、发布和实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益。

从历史来看,标准化可以追溯到远古时代,据考古资料介绍,在陕西省西安市秦始皇兵马俑博物馆内,陈列的出土文物弓箭箭头“镞”的上面,就刻有当时生产管理的标记。当时人类在认识自然和改造自然的斗争中,就产生了一些习惯性的标准化现象。但把它作为科学管理的手段,并有组织地开展标准化活动,只有近百年的历史。

从内容来看,标准和标准化涉及的范围极广,在技术上、经济上、科学上、管理上几乎涉及到人类生活的各个方面。仅就技术方面而言,就有产品标准、工作标准、方法标准、基础标准等。

**产品标准:**是对产品的结构、规格、质量和检验方法所作的技术规定。它是一定时期和一定范围内具有约束力的产品技术准则,是产品生产、检验、验收、使用、维护和洽谈贸易的技术依据,对于保证和提高产品质量,提高生产和使用的经济效益,具有重要意义。

**工作标准:**是对技术工作的范围、构成、程序、要求、效果、检查方法等所作的规定。技术

工作的范围包括设计、工艺、技术开发、试验、制造、检验、维修等。工作标准对于改善工作秩序,保证工作质量,搞好协作关系,提高工作效率,都有重要作用。

**方法标准:**是对各项技术活动的方法所规定的标准,它所包括的范围也很广,如试验方法、检验方法、分析方法、抽样方法、计算方法、操作规程,以及某些设计规范、施工规范等。

**基础标准:**是对一定范围内的标准化对象的共性因素,如概念、数系、单位、技术语言、精度和互换性、环境条件、技术通则等所做的统一规定,在一定范围内作为制订其他标准的依据。因而,它对有关标准的制订具有普遍指导意义。

从作用来看,标准化是现代化大生产的必要手段,是实现科学管理和现代化管理的基础,是开展专业化协作生产的前提,是提高产品质量、提高产品在国际市场的竞争能力的技术保证,是消除浪费、节约劳动和物化劳动的有效措施。标准化的作用还可列举很多,总之,在国民经济建设各个方面,它都会带来极大的效益。

我国已于1988年12月29日颁布了《中华人民共和国标准化法》,它是发展我国社会主义经济、促进技术进步、改进产品质量、提高社会经济效益、维护国家和人民利益、发展对外经济关系的重要保证。全国人民尤其是技术干部都要认真学习和积极贯彻它。

高等学校的学生,应当对所学专业领域的有关标准比较熟悉,并能在学习过程中严格遵守。在高等工业学校中,加强标准化教育是整个培养计划中的重要一环。

标准化是实现互换性的前提。例如,如果没有几何参数的公差标准,或者有了标准但不去贯彻,机械零件的互换性就难以甚至不能实现。现代化生产的特点是规模大、分工细、协作多,为适应生产中各个单位、部门之间的协调和衔接,必须通过标准使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的统一。因此,从这方面来说,标准化又是保证互换性生产的手段。反过来讲,互换性又为标准化活动及其进一步发展提供了条件。

## 1.5 优先数和优先数系

在产品设计制造和使用中,各种产品的性能参数和尺寸都需要通过数值来表达。例如零件尺寸的大小、原材料直径的大小、公差值大小、产品承载能力的大小、产品规格的大小等。为了满足用户各种各样的要求,产品必然会出现不同的规格,同一种产品的同一个参数还要从大到小取不同的值,从而形成不同规格的产品系列。这个系列确定得是否合理,与所取的数值如何分档、分级直接有关。因而,优先数和优先数系是对各种技术参数的数值进行简化、协调和统一的一种合乎科学的数值标准,是标准化的主要内容。

一个连续的数值范围,如1至1000,可以按等差级数(即算术级数)分级,如分为1,2,3,4,⋯,1000(间隔为1),以及1,1.1,1.2,1.3,1.4,⋯,1000(间隔为0.1)等;亦可以按等比级数(即几何级数)分级,如分为1,1.6,2.5,4,6.3,10,⋯,1000(公比为1.6),以及1,1.25,1.6,2,2.5,3.15,4,5,6.3,8,10,⋯,1000(公比为1.25)等。按等差级数分级,其各相邻项的绝对差相等,而相对差不等,且变化很大。例如项差为1的数列,1与2之间的相对差为100%,而100与101之间的相对差仅为1%,数值越大,相邻项的相对差越小。此外,按等差级数分级的参数,在进行工程技术运算之后,其结果往往不再是等差级数。例如,直径为 $d$ 的钢材,如果按等差级数分级,则其横截面面积 $A = \pi d^2/4$ 的数列就不再是等差数列了。按等比级数分级,其各相邻项的绝对差不等,且变化很大,但其相对差相等。例如首项为1,公

比为  $q$  的数列为  $1, q, q^2, q^3, \dots, q^n$ , 其各相邻项的相对差均为  $(q-1) \times 100\%$ 。当经过工程技术运算后, 以等比级数形成的数列, 其结果仍为等比数列。例如, 直径为  $d$  的钢材, 如果按等比级数分级, 则其横截面面积  $A = \pi d^2/4$  的数列仍为等比数列。

经验与统计资料表明, 工业产品的参数系列从最小到最大一般分布较宽, 如按等比级数分级, 能以较少的级数满足广泛的需要, 能使数值传播更有规律, 也能更好地反映级间的差别。

为了统一我国国民经济各部门生产建设中所用的参数和参数系列, 国家制定了有关数值制度, 《优先数和优先数系》国家标准 (GB/T 321—2005) 就是其中最重要的一种, 要求机械产品参数系列尽可能采用它。

《优先数和优先数系》是以十进制等比数列建立的数系, 各产品参数按此数列分级、大小分档, 以满足不同的需要。它规定了五种优先数系的公比, 即

$$R5: \quad q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$$

$$R10: \quad q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$R20: \quad q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$R40: \quad q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

$$R80: \quad q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

R5, R10, R20, R40 为基本系列, 是常用的; R80 为补充系列。附表 1-1 列出了基本系列的常用值。

该优先数系的特点主要有:

#### (1) 相对差均匀

在各个系列中, 同一系列任意相邻两项的相对差近似不变, 其中 R5 系列的相对差约为 60%, R10 系列的相对差约为 25%, R20 系列的相对差约为 12%, R40 系列的相对差约为 6%, R80 系列的相对差约为 3%。

#### (2) 使用和运算方便

在 R40 系列中隔项取值可得 R20 系列, 在 R20 系列中隔项取值可得 R10 系列, 在 R10 系列中隔项取值可得 R5 系列。反之, 在 R5 系列中插入比例中项即得 R10 系列, 在 R10 系列中插入比例中项即得 R20 系列, 在 R20 系列中插入比例中项即得 R40 系列。

系列中的数值可方便地向两头延伸。如将附表中所列的优先数乘以 10, 100, 1000, ..., 或 0.1, 0.01, 0.001, ..., 即可得到所有大于 10 或小于 1 的优先数。

系列中任意两项理论值之积或商, 任意一项理论值之整数乘方或开方, 仍为相应系列中一个优先数的理论值。

#### (3) 适应广泛

优先数系具有多种不同公比的系列, 可以满足疏、密分级不同的要求。除选用基本系列、补充系列外, 可分段选用不同的基本系列, 以组成复合系列; 也可在基本系列中隔项取值, 以得到派生系列, 例如在 R10 系列中每隔两项取值得 R10/3 系列: 1, 2, 4, 8, 16, ..., 它即为常用的倍数系列。

#### (4) 简单易记

因为它是十进制等比数列, 所以只要记住一个十进段内的优先数, 其他十进段的优先数

便可由小数点的移位得到。而且只要记住一种优先数系(如 R20),其他优先数系也就不难推出。

#### (5) 国际统一

我国的《优先数和优先数系》标准与相应的国际标准一致,世界各国都统一用这种优先数系。《优先数和优先数系》标准是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值制度,每位工程技术人员都应很好地掌握它。选用时应本着先疏后密的原则,即按照 R5, R10, R20, R40 的顺序选取;当基本系列的公比不能满足分级要求时,可选用派生系列;补充系列一般不宜作为主参数系列使用。如何具体选用,要通过技术、经济分析,找出相应参数的最佳系列。数系应用的实例很多,如照相机的光圈就是采用 R20/3,而曝光时间采用 R10/3 的倒数系列,渐开线圆柱齿轮模数第 1 系列采用 R10。在公差标准中尺寸分段(250mm 以后)、形位公差、粗糙度参数等,均采用优先数系。常见量值如直径、长度、面积、体积、载荷、应力、速度、转速、时间、功率、电流、电压、流量、浓度等的分级,基本上都是按照一定的优先数系进行的。在涉及本门课程中的有关标准里,诸如尺寸分段、公差分级以及表面粗糙度的参数系列等,也都符合优先数系,希望同学们在学习中注意。



## 附表

附表 1-1 优先数系基本系列常用值(摘自 GB 321—2005)

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