

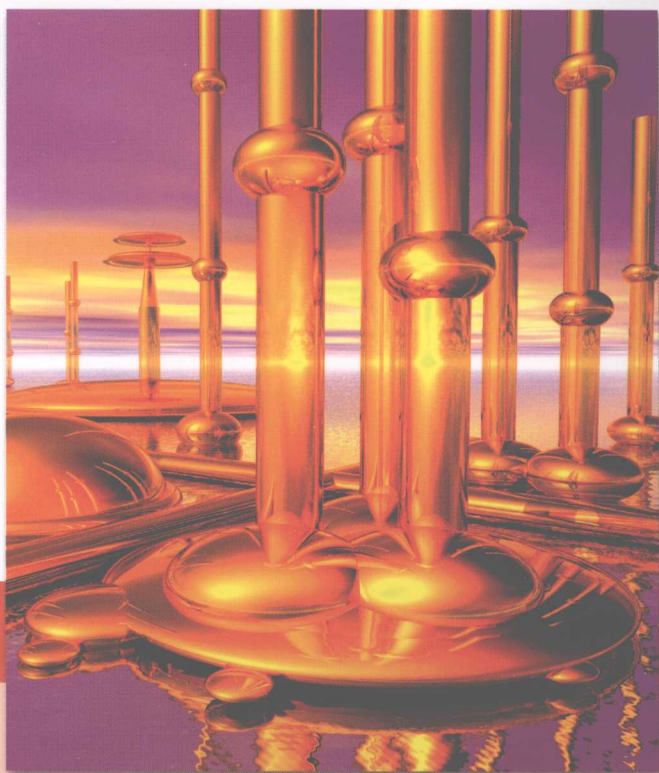
全国高职高专一体化教学（机械专业）通用教材

QuanGuo GaoZhi GaoZhuan YiTiHua JiaoXue (JiXie ZhuanYe) TongYong JiaoCai

公差与设计测量

GongCha Yu SheJI CeLiang

主编 董明华 卢圣华 李仁杰



本书采用理论与技能训练一体化教学模式，有利于应用型、创新型人才的培养。

本书注重优化课程体系，探索教材新结构，
改变了原来的传统模式，并且有一定的可操作性。

本书注重本专业领域的新理论、新技术、新工艺、新方法，内容新，理论精，
与当代科技发展相吻合。



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

YITI HUA JIAOXUE

YTH

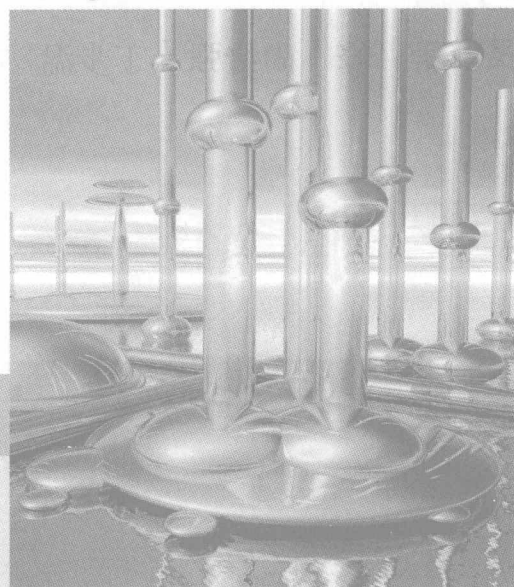
全国高职高专一体化教学(机械专业)通用教材
QuanGuo GaoZhi GaoZhuan YiTiHua JiaoXue (JiXie ZhuanYe) TongYong JiaoCai

公差与设计测量

主编 董明华 卢圣华 李仁杰

董明华 卢圣华 李仁杰 主

董明华 卢圣华 李仁杰 主



图书在版编目 (CIP) 数据

公差与设计测量/董明华等主编. —济南:山东科学技术出版社,2007

全国高职高专一体化教学(机械专业)通用教材

ISBN 978 - 7 - 5331 - 4634 - 4

I. 公... II. 董... III. ①公差—配合—高等学校:技术学校—教材②技术测量—高等学校;技术学校—教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 010492 号

全国高职高专一体化教学(机械专业)通用教材

公差与设计测量

主编 董明华 卢圣华 李仁杰

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:山东新华印刷厂临沂厂

地址:临沂市高新技术开发区

邮编:271019 电话:(0539)2529888

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:17.5

版次:2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5331 - 4634 - 4

定价:26.00 元

《公差与设计测量》编写人员

主 编 董明华 卢圣华 李仁杰

副 主 编 崔利华 李 文 杨振宇 张树忠

编写人员 梁 峰 尚绪强 丁步温 程云雪

QIANYAN

《公差与设计测量》是高等职业院校机械类各专业的重要技术基础课。它包含几何量精度设计与误差检测两方面的内容,把标准化和计量两个领域的有关内容有机地结合在一起,与机械设计、机械制造、质量控制等方面密切相关,是机械工程技术人员、管理人员以及职业院校学生必修的一门综合性技术基础学科。

加强本学科的教学和科学研究工作,努力提高本学科的理论水平与应用水平,对于提高工程领域科技人才的素质,贯彻教学面向现代化建设、面向世界、面向未来的战略方针,具有非常重要的作用。

本书注重优化课程体系,探索教材新结构,把教材与教法有机地结合起来,改变了原来的传统模式,并具有一定的可操作性。本书注重本专业领域的新理论、新技术、新工艺、新方法,力求做到理论精,内容新,跟随时代发展的步伐,与当前科技发展水平相吻合。

本书注重理论的应用性和针对性,既能提高学生的学习兴趣,又能培养学生严谨求实的科学态度。

本书可作为工科院校机械类、高职高专机械类、近机类各专业公差与设计测量的教材,也可作为其他相关专业的教学用书,亦可供有关工程技术人员参考。

本书由董明华、卢圣华主编,崔利华、李文、杨振宇、张树忠副主编。全书共分十三章,另加附录,第一、二、五、七、十章由董明华、李仁杰编写,第三、九、十三章由卢圣华编写,第四、十二章由崔利华编写,第八章由李文编写,第六章由杨振宇编写,第十一章由张树忠编写,梁峰、尚绪强、丁步温、程云雪也参加各章编写。

由于编者水平有限,时间局促,书中缺点和错误之处难免,热忱欢迎读者批评指正。

编写

第一章 公差与设计测量概述	1
第一节 互换性概述	1
第二节 标准化	3
第三节 优先数系和优先数	5
第四节 本课程的性质与任务	7
本章小结	7
思考练习题	8
第二章 尺寸极限及配合	9
第一节 概述	9
第二节 极限与配合的基本术语及定义	10
第三节 公差带的标准化	16
第四节 尺寸精度的设计	34
第五节 一般公差	44
本章小结	45
思考练习题	45
第三章 技术测量基础	48
第一节 技术测量的基本概念	48
第二节 标准器具及其使用	50
第三节 测量方法和度量指标	56
第四节 三坐标测量机	58
第五节 测量误差及其数据处理	62
本章小结	69
思考练习题	69
第四章 形状和位置公差及其检测	71
第一节 概述	71
第二节 形状公差及其检测	80
第三节 位置公差及其检测	86
第四节 公差原则	107

第五节 形位公差的选择	114
本章小结	119
思考练习题	119
第五章 表面粗糙度及其检测	123
第一节 概述	123
第二节 表面粗糙度的评定	124
第三节 表面粗糙度的选用与标注	128
第四节 表面粗糙度的检测	138
本章小结	140
思考练习题	140
第六章 光滑极限量规设计	142
第一节 概述	142
第二节 量规公差带	144
本章小结	149
思考练习题	149
第七章 滚动轴承的互换性	150
第一节 滚动轴承的精度等级及其应用	150
第二节 轴和外壳与滚动轴承的配合	152
本章小结	158
思考练习题	158
第八章 键和花键的互换性及其检测	160
第一节 概述	160
第二节 平键连接的互换性及其检测	161
第三节 花键连接的互换性及其检测	165
本章小结	170
思考练习题	170
第九章 圆锥配合的互换性及其检测	172
第一节 概述	172
第二节 圆锥几何参数误差对互换性的影响	175
第三节 圆锥公差及其选用	176
第四节 圆锥的检测	180
本章小结	182
思考练习题	182

第十章 普通螺纹接合的互换性及其检测	183
第一节 概述	183
第二节 螺纹几何参数对互换性的影响	185
第三节 螺纹的公差与配合及其选用	190
第四节 螺纹的检测	196
本章小结	198
思考练习题	198
第十一章 渐开线圆柱齿轮传动的互换性及其检测	200
第一节 概述	200
第一节 单个齿轮的误差项目及其检测	203
第二节 齿轮副的误差项目及其检测	212
第三节 渐开线圆柱齿轮的精度标准及其应用	214
本章小结	227
思考练习题	228
第十二章 尺寸链	229
第一节 概述	229
第二节 用完全互换法解尺寸链	233
第三节 用不完全互换法解尺寸链	239
第四节 保证装配精度的其它措施	242
本章小结	244
思考练习题	244
第十三章 典型技术测量实验	246
第一节 外径千分尺测量轴径	246
第二节 内径百分表测量孔径	247
第三节 平面度、平行度误差的检测计算	250
第四节 游标万能角度尺测量角度	251
第五节 公法线长度变动及公法线平均长度偏差的测量	252

第六节 齿轮齿圈径向跳动的测量·····	254
思考练习题·····	257
附录·····	258
参考文献·····	271

第一章 公差与设计测量概述

本章要点学习内容

- 了解互换性的概念及种类。
- 了解互换性的意义及实现互换性的条件。
- 了解标准化的意义及标准的分类。
- 了解优先数系的主要特点及优先数。

第一节 互换性概述

一、互换性的概念

一台机器是由很多零部件装配在一起所构成。在机械和仪器制造业中,零部件的互换性是指在同一规格的一批零件或部件中,任取其一,不需任何挑选或附加修配就能装在机器上,并能达到规定的功能要求。

互换性生产是现代化机械工业按照专业化协作原则组织生产的基本条件,它广泛应用于机械产品零部件的设计、使用和维修等方面。例如,人们经常使用的摩托车或汽车的零件,就是按互换性要求生产的。当摩托车或汽车零件损坏以后,维修人员很快就可以用同样规格的零件换上,修复二者的功能;在工厂的装配车间经常看到这样一种情况,装配工人任意从一批相同规格的零件中取出一个装到机器上,装配后机器就能正常工作;在家庭中,缝纫机的零部件坏了,可以迅速地更换零件,更换后仍能满足使用要求。

零部件的互换性包括其几何参数、力学性能、物理化学性能等方面的互换性。本课程主要研究的是零部件几何参数的互换性。

所谓几何参数,一般包括尺寸大小、几何形状,以及相互的位置关系等。为了满足互换性的要求,似乎在同规格的零部件之间,其几何参数都要做的完全一致。从理论上,这是可以行得通的,但从实践当中,这是不可能的。实际上,只要零部件的几何参数保持一

定的变动范围,就能达到互换的目的。而允许零件尺寸和几何参数的变动量就称为公差。

二、互换性的种类

互换性按其程度可分为完全互换性和不完全互换性。

1. 完全互换性

零部件在装配或更换前不作任何选择,装配或更换时不作调整或修配,更换后便能满足预定使用要求。这样的零部件具有完全互换性。

2. 不完全互换性

零部件在装配前允许有附加的选择,装配时允许有附加的调整,但不允许修磨,装配后能满足预定使用要求。这样的零部件属于不完全互换性。

当机器装配精度要求很高时,如采用完全互换,将使相配合的零件尺寸公差很小,这会导致加工困难,制造成本提高,甚至无法加工,因此,实际生产中为了便于加工,降低成本,往往把零件的尺寸公差适当放大,而在加工后根据实际测量的尺寸大小,将相互配合的零件分成若干组,使同组的尺寸差别比较小,然后按照对应组进行装配,这样既保证了装配精度,又解决了零件加工上的困难。这种分组装配法即属于不完全互换性。因为仅在同一组内零件可以互换,组与组之间不可以互换,故称为不完全互换。

上述两种互换性的使用场合不同。一般地,不完全互换零部件常用于部件或机构制造企业内部的生产和装配;不同地域、不同企业之间的协作,则要求完全互换性。

三、互换性的意义

互换性生产已经成为现代机械制造业中一个普遍遵守的原则,它给产品的设计、制造和使用维修都带来很大的方便。

从设计方面看,按互换性进行设计,就可以最大限度地采用标准件、通用件,大大减少绘图、计算等工作量,缩短设计周期,并有利于产品多样化和计算机辅助设计。

从制造方面看,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和高效率的专用设备,以及用计算机辅助制造,有利于实现加工和装配过程的机械化、自动化,从而减轻工人的劳动强度,提高生产率,保证产品质量,降低生产成本。

从使用方面看,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,保证机器能连续而持久地运转,提高了机器的使用价值。

四、实现互换性的条件

机械零部件在加工过程中,加工误差是不可避免的。要想把同一规格的一批零件的几何参数做得完全一致是不可能的,也是不必要的,只要把零件在其规定的公差范围内制造出来,就能满足互换性的要求。

零部件的制造精度最终是由加工误差体现出来的,而误差是由公差控制的。对于同一尺寸,公差大的,允许加工误差就大。也就是说零件精度要求低,容易加工,制造成本低;反之,则加工难,制造成本高。因此,合理确定零部件的几何量公差是实现互换性的一



个必备条件。

已加工好的零件是否满足公差要求,是通过技术测量及检测来判断。如果只规定零部件公差,而缺少相应的检测措施,则互换性生产是不可能实现的。因此,正确的选择、使用测量工具是制造和检测的基本要求,也是必须掌握的技能。检测不仅用于评定零件合格与否,也常用于分析零件不合格的原因,以便及时调整生产工艺,预防废品产生,因此,技术测量措施是实现互换性的另一个必备条件。

第二节 标准化

一、标准化的意义

为了组织专业化协作生产,各生产部门之间、各生产环节之间必须保持协调一致,保持必要的技术统一,成为一个有机的整体,有节奏地组织互换性生产。实现这种有机的统一和联系,是以标准化为主要途径和手段。因此,标准化是实现互换性生产的基础。

标准化也是科学管理的重要组成部分,是组织现代化生产的重要手段,是发展贸易、提高产品在国际市场上的竞争力的技术保证。现代化程度越高,对标准化的要求也越高。

综上所述,根据标准化对象的不同,可以把一个标准划归不同的类别。它们之间相互关联,互为补充。

标准化是以技术标准来体现的。技术标准(简称标准)是指在经济、技术、科学和管理等社会实践中,对重复性的事物和概念在一定范围内通过科学简化、优选和协调,经一定程序审批后所颁发的统一规定。标准是特定形式的技术法规,是评定产品质量的技术依据。标准是标准化活动的成果,是实现互化性生产的前提。

标准化是指制订(修订)、贯彻标准而使事物获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程。

标准化是实现专业化生产的前提和基础,是组织现代化大生产和提高生产效率和效益的重要手段。标准化能够推动人类的进步和科学技术的发展。

二、标准的分类

标准可以按不同的方法分类。

标准按照其性质,可分为技术标准、工作标准和管理标准。技术标准是指根据生产技术的经验和总结,作为技术上共同遵守的法规而制订的各项标准。工作标准是指对工作范围、构成、程序、要求、效果和检验方法等所作的规定。管理标准是指标准化领域中需要协调、统一和管理制订的标准。

技术标准按照标准化对象的特征,可分为以下几类:

1. 基础标准

以标准化共性要求和前提条件为对象的标准称为基础标准,它是为了保证产品的结构、功能和制造质量而制订的、一般工程技术人员必须采用的通用性标准,也是制订其他

标准时刻依据的标准。计量单位、术语、概念、符号、数系、制图和技术通则标准,以及公差与配合标准等,均属基础标准范畴。这类标准是产品设计和制造中必须采用的技术数据和工程语言,也是精度设计和检测的依据。国际标准化组织和各国标准化机构都很重视基础标准的制订工作。

2. 产品标准

产品标准是指为保证产品的适用性而对产品必须达到的某些或全部要求所制订的标准。其主要内容有:产品的适用范围、技术要求、主要性能、验收规则以及产品的包装、运输和储存方面的要求等。

3. 方法标准

方法标准是指以试验、检查、分析、抽样、统计、计算、测定、作业等各种方法为对象而制订的标准。如遇产品质量鉴定有关的方法标准、作业方法标准、管理方法标准等。

4. 安全、卫生与环境保护标准

以保护人和物的安全为目的而制订的标准称为安全标准;为保护人的健康而对食品、医药及其他方面的卫生要求制订的标准称为卫生标准;为保护人身健康、保护社会物质财富、保护环境和维持生态平衡而对大气、水、土壤、噪声、振动等环境质量、污染源、监测方法或满足其他环境保护方面所制订的标准称为环境保护标准。

三、互换性生产的发展简介

互换性标准的建立和发展是随着制造业的发展而逐步完善的。从图 1.1 可以清楚地

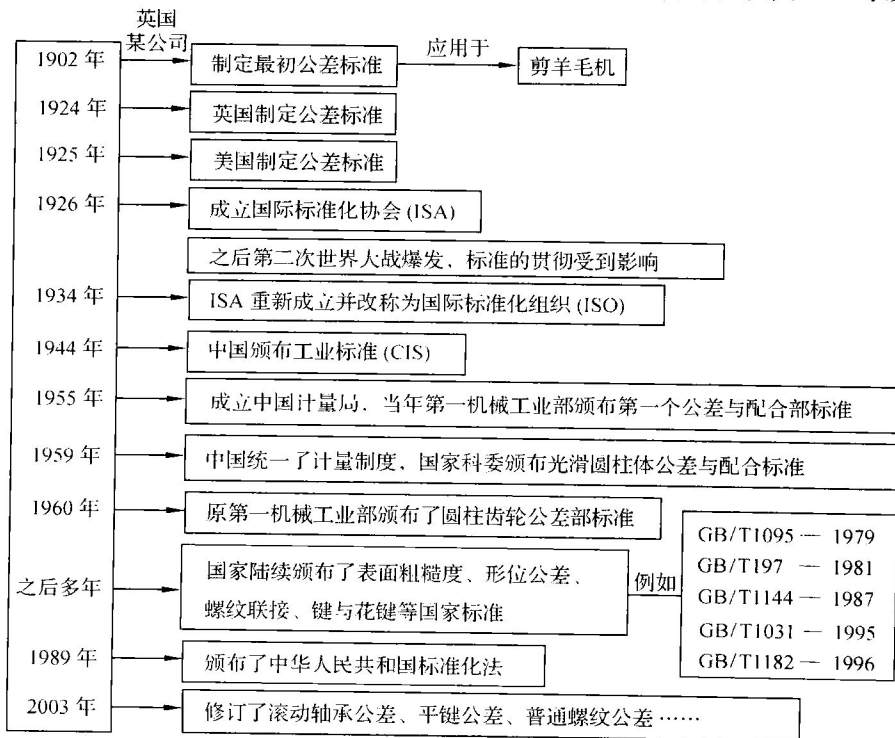


图 1.1 互换性生产的发展史



看出它的百年发展史。

目前,我国已经加入 WTO,更要特别重视加强我国标准化工作,尽量使我国与国际标准融为一体,以发展国际贸易,提高国际市场的竞争力。

第三节 优先数系和优先数

一、优先数系

在生产中,为了满足用户各种各样的要求,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。这个系列确定的是否合理,与所取的数值如何分档、分级直接有关。优先数和优先数系是一种科学的数值制度,它适用于各种数值的分级,是国际上统一的数值分级制度。

优先数系是一种十进制几何数列,以此作为标准数列,如: $\cdots, 0.1, \cdots, 1, 1.6, 2.5, 4, 6.3, 10, 16, 25, 63, 100, \cdots, 1000, \cdots$ 。

所谓十进,就是在数列的项值中包括有 10^n 和 $10^{1/n}$ 这些数值(n 为整数)。把这些数值按 $0.01 \sim 0.1, 0.1 \sim 1, 1 \sim 10, 10 \sim 100, \cdots$ 划分区间,称为十进段,每一段内的项数都是(相等的) m 项。设首页为 a , 公比为 q , 则十进几何数列的形式为: $a, aq, aq^2, aq^3, \cdots aq^{m-1}, aq^m$ 。且 $aq^m = 10a$, 所以公比 $q = \sqrt[m]{10}$ 。

此外,工程上某些产品参数的数值有倍增的要求,因此又规定在十进几何数列中每隔 x 项可构成倍数系列,即同时满足以下两式:

$$aq^m = 10a \quad (1-1)$$

$$aq^x = 2a \quad (1-2)$$

联立式(1-1)和式(1-2),取对数,使得:

$$\frac{x}{m} = \lg 2 \approx \frac{3}{10} \left(= \frac{6}{20} = \frac{12}{40} = \frac{24}{80} = \cdots \right)$$

如取组合,则 $m = 10$, 以首页为 $1, q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$ 构成系列: $1.00, 1.25, 1.60, 2.00, 2.50, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10.00, \cdots$ 而 $x = 3$, 即其中每隔 3 项构成倍数系列为: $1, 2, 4, 8, \cdots$ 。

我国优先数系标准(GB321—81)与国际标准 ISO3—73 相同,规定值为 5、10、20、40 和 80 等 5 种,分别用 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示,其中 R5 为不包含倍数系列的数列。R5、R10、R20、R40、R80 等 5 种优先数系的公比 $q_5, q_{10}, q_{20}, q_{40}, q_{80}$ 分别为:

$$q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.585 \approx 1.60$$

$$q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.259 \approx 1.25$$

$$q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.122 \approx 1.12$$

$$q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.059 \approx 1.06$$

$$q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.029 \approx 1.03$$

优先数系的主要特性如下：

(1) 同一系列中,任意相邻两项常用值的相对差近似相等;任意两项之积和商仍为优先数;任意一项的整数乘方、开方仍为优先数;优先数的对数排列为等差级数。

(2) 各系列之间依次相含。例如,从 R10 系列中隔项取值便是 R5 系列。R5, R10, R20, …依次由疏到密。

(3) 当有特殊需要时还可采用派生系列。在基本系列中,依次每隔 2, 3, 4, …等项数选取优先数值,便可导出派生系列。例如,在 R5 系列中每隔一项选取一项,则得到 R5/2 系列。

(4) 在基本系列和补充系列中的项值,可按十进法向两端延伸。

优先数系为数值的简化、统一和协调提供了理论基础。因此,在设计任何产品时,对主要参数和尺寸应注意采用优先数。

二、优先数

优先数系中的每一个数值称为优先数。优先数的理论值是无理数,在实践中不应用。表 1-1 中所列的计算值(5 位有效数)是作为工程上精确计算之用。优先数是指表列的常用值,它是对计算值修约成的 3 位有效数。

表 1-1 优先数的基本系列(摘自 GB 321-80)

基本系数(常用值)					基本系数(常用值)				
R5	R10	R20	R40	计算值	R5	R10	R20	R40	计算值
1.00	1.00	1.00	1.00	1.000 0				3.35	3.349 7
			1.06	1.059 3			3.55	3.55	3.548 1
		1.12	1.12	1.122 0				3.75	3.758 4
			1.18	1.188 5	4.00	4.00	4.00	4.00	3.981 1
	1.25	1.25	1.25	1.258 9				4.25	4.217 0
			1.32	1.333 5			4.50	4.50	4.466 8
		1.40	1.40	1.412 5				4.75	4.731 5
			1.50	1.496 2		5.00	5.00	5.00	5.011 9
1.60	1.60	1.60	1.60	1.584 9				5.30	5.308 8
			1.70	1.678 8			5.60	5.60	5.623 4
		1.80	1.80	1.778 3				6.00	5.956 6
			1.90	1.883 6	6.30	6.30	6.30	6.30	6.309 6
	2.00	2.00	2.00	1.995 3				6.70	6.683 4
			2.12	2.113 5			7.10	7.10	7.079 5
		2.24	2.24	2.238 7				7.50	7.498 9
			2.36	2.371 4		8.00	8.00	8.00	7.943 3
2.50	2.50	2.50	2.50	2.511 9				8.50	8.414 0
			2.65	2.600 7			9.00	9.00	8.912 5
		2.80	2.80	2.818 4				9.50	9.440 6
			3.00	3.085 4	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000 0
	3.15	3.15	3.15	3.162 3					

第四节 本课程的性质与任务

一、本课程的性质与特点

本课程是机械类和近机械类各专业必须掌握的一门技术基础课,与机械设计、机械制造等课程有着密切的联系。它以互换性内容为主线,围绕零部件的制造误差和公差及其关系,包括尺寸极限与配合、形状和位置公差,表面粗糙度和技术测量等几部分,研究零件的设计、制造精度与测量方法。懂得这些基本知识,能够为后续学习相关专业课、从事实际工作奠定必要的基础。

本课程的特点是术语定义、符号、图形、表格、代号多;公式推导少,经验数据、定性解释多;内容涉及面广,每一部分都具有独立的知识体系。

二、本课程的要求与学习方法

1. 课程要求

- (1) 掌握课程中有关国家标准的内容和原则。
- (2) 学会查用各类表格,能正确标注图样。
- (3) 学会并掌握确定零部件的公差原则和方法。
- (4) 了解各种典型的测量方法,学会常用计量器具的使用。

2. 本课程的学习方法

- (1) 与相关课程的知识联系起来学习,使学到的极限配合理论,能举一反三,达到实际应用的目的。
- (2) 注意实践环节的练习,做到理论与实践相结合。

本章小结

1. 在机械和仪器制造业中,零、部件的互换性是指在同一规格的一批零件或部件中,任取其一,不需任何挑选或附加修配就能装在机器上,并能达到规定的功能要求。

2. 所谓几何参数,一般包括尺寸大小、几何形状,以及相互的位置关系等。

3. 互换性按其程度可分为完全互换性和不完全互换性。

4. 标准化是指制订(修订)、贯彻标准而使事物获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程。

5. 技术标准按照标准化对象的特征,可分为以下几类:基础标准,产品标准,方法标准,安全、卫生与环境保护标准。

6. 优先数系为数值的简化、统一和协调提供了理论基础。因此,在设计任何产品时,对主要参数和尺寸应注意采用优先数。

思考练习题

1. 试述互换性在机械制造业中的重要意义,并举出互换性应用实例 1~2 个。
2. 试述技术标准和标准化的定义。
3. 试述完全互换与不完全互换的区别,并指出它们各用于什么场合?
4. 什么是优先数系?为什么要采用优先数?
5. 下列两种数据各属于什么基本系列:
 - (1) 电动机转速:375r/min,750r/min,1500r/min,3000r/min, …
 - (2) 摇臂钻床的最大钻孔直径:25mm,40mm,63mm,80mm,100mm,125mm, …。