

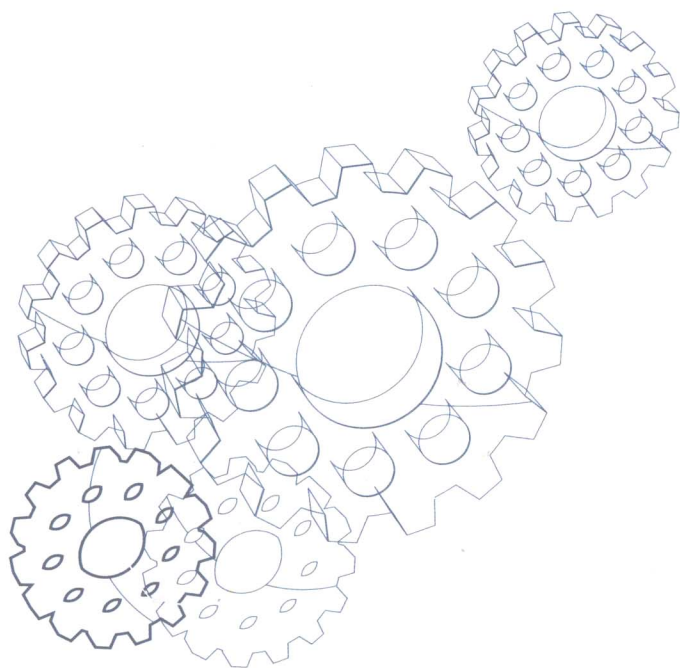
普通高等院校

“十二五”
规划教材

互换性 与测量技术基础

主 编 高 丽 于 涛 杨俊茹

副主编 李桂莉 王全为 孙 静 苏春建



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校“十二五”规划教材

互换性与测量技术基础

主 编 高 丽 于 涛 杨俊茹
副主编 李桂莉 王全为 孙 静
苏春建

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书根据近几年我国对公差标准的修订,介绍了我国公差与配合方面的最新标准,阐述了测量技术的基本原理。本书包括绪论,测量技术基础,孔、轴公差与配合及其尺寸检测,形状和位置公差及其检测,表面粗糙度及其检测,滚动轴承与孔、轴结合的互换性,渐开线圆柱齿轮公差与检测,常用连接件的公差与检测,圆锥公差与检测,尺寸链等共十章。本书内容安排紧凑合理,难点分析细致,侧重应用。

本书可作为高等院校及职业技术学院机械类各专业的教学用书,也可作为从事机械设计、机械制造、测试计量等行业的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础 / 高丽, 于涛, 杨俊茹主编. —北京: 国防工业出版社, 2012. 1

普通高等院校“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 07881 - 7

I. ①互... II. ①高... ②于... ③杨... 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(2011)第 281854 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 304 千字

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

“互换性与测量技术基础”是高等学校机械类、机电类及仪器仪表类等工科专业的一门重要技术基础课,是与机械工业的发展紧密联系的基础学科。

本书依据我国最新的国家标准来编写,加强基础,突出应用。全书系统阐述了互换性与测量技术相关的国家标准以及常用标准件和圆柱齿轮传动的互换性,并配有一定量的习题。在内容编排上,较市面上很多同类书籍做了较大更新和改进。为扩大适用面,按照教学总学时为 40 学时~50 学时编写。

本书是在总结了编者多年的教学经验的基础上,遵循了理论教学以实用为主的原则,本着理论以必需、够用为度编写而成。具有如下特点。

(1) 采用最新国家标准。所参照的国家标准截止于 2011 年 6 月底前颁布的国家最新标准。

(2) 注重系统性。以基本知识——标注——检测——选用为主线,力求由浅入深,由易到难,符合初学者的认知规律。

(3) 便于自学。内容叙述力求通俗易懂,注意理论联系实际,尽量多地列举实例,方便读者自学。

本书由高丽、于涛、杨俊茹主编,李桂莉、王全为、孙静和苏春建为副主编,参与编写工作的还有苗双双和李全兰。范云霄教授对本书进行了精心审阅,并提供了不少宝贵的意见,特致以衷心感谢。本教材在编写过程中,还得到了参编单位的领导和老师的大力支持,在此表示感谢!

本书作者在写作过程中参考了大量的相关手册与资料,文后参考文献中所列教材及资料对本书的编写起了重要的参考作用,在此谨向它们的编著者表示衷心感谢。由于时间仓促,书中难免有疏漏或不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 10 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 互换性与公差	1
1.1.1 互换性与公差的基本概念	1
1.1.2 互换性分类	1
1.2 公差与测量简述	2
1.2.1 公差与配合概述	2
1.2.2 测量技术发展概述	3
1.3 标准化与优先数系	4
1.3.1 标准化	4
1.3.2 优先数系	5
1.4 本课程的内容、性质与任务	7
习题	7
第2章 测量技术基础	8
2.1 测量技术基本知识	8
2.1.1 测量技术概述	8
2.1.2 尺寸传递	9
2.1.3 量块的基本知识	10
2.2 计量器具与测量方法	11
2.2.1 计量器具的分类	11
2.2.2 基本度量指标	12
2.2.3 测量方法	14
2.3 计量器具与测量方法	16
2.3.1 基本概念	16
2.3.2 误差的来源	16
2.3.3 误差的分类	18
2.3.4 测量精度	19
2.3.5 随机误差的特征及其评定	20
2.3.6 各类测量误差的处理	23
2.3.7 直接测量列的数据处理	25
2.3.8 间接测量列的数据处理	25
习题	26

第3章 孔、轴公差与配合及其尺寸检测	27
3.1 基本术语和定义	27
3.1.1 孔和轴	27
3.1.2 尺寸	28
3.1.3 偏差和公差	29
3.1.4 间隙和过盈	30
3.1.5 配合	30
3.1.6 计算举例	33
3.2 常用尺寸孔、轴公差与配合国家标准	34
3.2.1 标准公差	34
3.2.2 基本偏差	36
3.2.3 基准配合制	39
3.2.4 公差与配合在图样上的标注	41
3.2.5 公差带与配合的选择	42
3.3 其他尺寸孔、轴公差与配合国家标准	51
3.3.1 基本尺寸大于 500mm ~ 3150mm 的标准公差和基本偏差	51
3.3.2 小尺寸的孔、轴公差带	51
3.3.3 一般公差	52
3.4 光滑极限量规	53
3.4.1 量规的种类和代号	53
3.4.2 光滑极限量规公差	54
3.4.3 量规极限偏差的计算	55
3.4.4 量规形式的选择	55
3.4.5 光滑极限量规应该满足的技术要求	56
习题	57
第4章 几何公差及其检测	58
4.1 概述	58
4.1.1 零件的几何要素	58
4.1.2 几何公差和公差带	59
4.2 几何公差的标注	61
4.2.1 公差框格	61
4.2.2 被测要素的标注	62
4.2.3 基准要素的标注	63
4.2.4 几何公差的其他标注方法	65
4.3 几何公差带分析	66
4.3.1 形状公差带	66
4.3.2 位置公差带	68
4.3.3 轮廓度公差带	76
4.4 公差原则	78

4.4.1	有关术语及定义	78
4.4.2	独立原则	81
4.4.3	包容要求	82
4.4.4	最大实体要求	83
4.5	几何公差的选用	86
4.5.1	几何公差特征项目的选择	86
4.5.2	公差原则的选择	86
4.5.3	公差值的确定	87
4.5.4	基准要素的选择	88
4.6	几何误差的检测	88
4.6.1	几何误差及其评定	88
4.6.2	几何误差的检测原则	91
习题		92
第5章	表面粗糙度及其检测	95
5.1	基本概念	95
5.1.1	表面粗糙度的含义	95
5.1.2	表面粗糙度对零件性能的影响	95
5.2	表面粗糙度的评定参数	96
5.2.1	主要术语及定义	96
5.2.2	主要评定参数	98
5.3	评定参数的数值及其选用	100
5.3.1	表面粗糙度的参数值	100
5.3.2	表面粗糙度的选用	100
5.4	表面粗糙度符号、代号及标注	102
5.4.1	表面粗糙度符号及其意义	102
5.4.2	表面粗糙度有关规定在符号中的标注	104
5.4.3	表面粗糙度在图样上的标注	105
5.5	表面粗糙度的检测	106
习题		107
第6章	滚动轴承与孔、轴结合的互换性	108
6.1	概述	108
6.2	滚动轴承精度等级及应用	108
6.2.1	滚动轴承的精度等级	108
6.2.2	滚动轴承的应用	109
6.3	滚动轴承内、外径公差带	109
6.4	滚动轴承与孔、轴配合的选择	110
6.4.1	轴颈和外壳的公差带	110
6.4.2	滚动轴承配合的选择	111
6.4.3	配合面及端面的几何公差、表面粗糙度	114

习题	115
第7章 渐开线圆柱齿轮公差与检测	116
7.1 概述	116
7.1.1 齿轮传动的使用要求	116
7.1.2 齿轮的加工误差	117
7.2 圆柱齿轮精度指标及检测	118
7.2.1 齿距偏差	119
7.2.2 齿廓总偏差(ΔF_{α})	120
7.2.3 螺旋线总偏差(ΔF_{β})	122
7.2.4 切向综合偏差	123
7.2.5 径向综合偏差	123
7.2.6 齿轮径向跳动	124
7.3 齿轮副的精度指标和侧隙指标	124
7.3.1 轮齿的接触斑点	125
7.3.2 中心距和轴线平行度	125
7.3.3 齿轮副的侧隙	126
7.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及应用	128
7.4.1 齿轮的精度等级及选择	128
7.4.2 齿轮检验项目的确定	131
7.4.3 齿坯精度和齿面表面粗糙度	132
7.4.4 齿轮精度的标注	133
7.4.5 齿轮精度设计	133
习题	135
第8章 常用连接件的公差与检测	137
8.1 螺纹的公差与检测	137
8.1.1 普通螺纹连接的基本要求	137
8.1.2 普通螺纹的基本牙型和几何参数	137
8.1.3 普通螺纹几何参数误差对互换性的影响	139
8.1.4 普通螺纹的公差与配合	142
8.1.5 螺纹的检测	146
8.1.6 机床梯形螺纹丝杠和螺母的精度及公差	148
8.2 平键连接的公差与检测	149
8.2.1 平键连接的公差与配合	149
8.2.2 普通平键键槽尺寸和公差在图样上的标注	151
8.2.3 普通平键的检测	151
8.3 矩形花键连接的公差与检测	153
8.3.1 矩形花键的主要尺寸和定心方式	154
8.3.2 矩形花键的公差与配合	154
8.3.3 矩形花键的标注	156

8.3.4 矩形花键的检测	157
习题	158
第9章 圆锥公差与检测	159
9.1 圆锥公差配合的基本术语和基本概念	159
9.1.1 圆锥的主要几何参数	159
9.1.2 有关圆锥公差的术语	160
9.1.3 有关圆锥配合的术语和圆锥配合的形成	161
9.2 圆锥公差的给定方法和圆锥直径公差带的选择	163
9.2.1 圆锥公差项目	163
9.2.2 中间模型的建立	163
9.2.3 圆锥直径公差带的选择	164
9.3 圆锥角的检测	165
9.3.1 直接测量圆锥角	165
9.3.2 用量规检验圆锥角偏差	165
9.3.3 间接测量圆锥角	166
习题	167
第10章 尺寸链	168
10.1 尺寸链概述	168
10.2 用极值法计算尺寸链	172
10.3 用统计法计算尺寸链	175
10.4 用分组法、修配法和调整法保证装配精度	176
习题	178
附表	179
参考文献	196

第1章 绪 论

1.1 互换性与公差

1.1.1 互换性与公差的基本概念

互换性是机械制造、仪器仪表和其他许多工业生产中产品设计和制造的重要原则。使用这个原则能使工业部门获得最佳的经济效益和社会效益。互换性是指在同一规格的一批零件或部件中,任取其一,不需经过任何挑选或附加修配(如钳工修理),就能装在机器上,达到规定的功能要求。这样的一批零件或部件就称为具有互换性的零、部件。例如,人们经常使用的自行车和手表上的零件,就是按互换性原则生产的。当自行车或手表零件损坏时,修理人员很快就能用同样规格的零件换上,恢复自行车和手表的功能。

机械制造、仪器仪表的互换性,通常包括几何参数(如尺寸)、机械性能(如硬度、强度)以及理化性能(如化学成分)等。本课程仅讨论几何参数的互换性。

所谓几何参数,主要包括尺寸大小、几何形状(宏观、微观)以及形面间相互位置关系等,为了满足互换性的要求,最理想的是同规格的零、部件其几何参数都要做得完全一致,这在实践中是不可能的,也是不必要的,实际上只要求同规格零、部件的几何参数保持在一定的变动范围内就能达到互换的目的。

允许零、部件几何参数的变动量就称为“公差”。

现代化的机械工业,首先要求机械零件具有互换性,从而才有可能将一台机器中的成千上万个零、部件,分散进行高效率的专业化生产,然后又集中起来进行装配。因此,零、部件的互换性为生产的专业化创造了条件,促进了自动化生产的发展,有利于降低产品成本,提高产品质量。

零、部件在几何参数方面的互换,体现为公差标准的完善,而公差标准又是机械工业的基础标准,它为机器的标准化、系列化、通用化奠定了基础,从而缩短了机器设计的周期,促进新产品的高速发展。

互换性生产可以减少修理机器的时间和费用。因此,互换性生产对我国机械制造业和仪器制造业具有非常重要的意义。

1.1.2 互换性分类

对标准部件,互换性可分为内互换和外互换。组成标准部件的零件的互换称为内互换;标准部件与其他零、部件的互换称为外互换。例如滚动轴承的外圈内滚道、内圈外滚道与滚动体的互换称为内互换;外圈外径、内圈内径以及轴承宽度与其相配的机壳孔、轴颈和轴承端盖的互换称为外互换。

互换性按其互换程度,可分为完全互换和不完全互换。前者要求零、部件在装配时,

不需要挑选和辅助加工;后者则允许零、部件在装配前进行预先分组或在装配时采取调整等措施。因此,不完全互换又称为有限互换。不完全互换性可以用分组装配法、调整法或其他方法来实现。

分组装配法是这样一种措施:当机器上某些部位的装配精度要求很高时,例如孔与轴间的间隙装配精度要求很高,即间隙变动量要求很小时,若要求孔和轴具有完全互换性,则孔和轴的尺寸公差就要求很小,这将导致加工困难。这时,可以把孔和轴的尺寸公差适当放大,以便于加工,将制成的孔和轴按实际尺寸的大小各分成若干组,使每组内零件(孔、轴)的尺寸差别比较小。然后,把对应组的孔和轴进行装配,即大尺寸组的孔与大尺寸组的轴装配,小尺寸组的孔与小尺寸组的轴装配,从而达到装配精度要求。采用分组装配时,对应组内的零件可以互换,而非对应组之间则不能互换,因此零件的互换范围是有限的。

调整法也是一种保证装配精度的措施。调整法的特点是在机器装配或使用过程中,对某一特定零件按所需要的尺寸进行调整,以达到装配精度要求。例如,图 1-1 所示减速器中端盖与箱体间的垫片的厚度在装配时作调整,使轴承的一端与端盖的底端之间预留适当的轴向间隙,以补偿温度变化时轴的微量伸长,避免轴在工作时弯曲。

一般说来,对于厂际协作,应采用完全互换性。至于厂内生产的零部件的装配,可以采用不完全互换法。

1.2 公差与测量简述

1.2.1 公差与配合概述

随着机械工业生产的发展,要求企业内部有统一的公差与配合标准,以扩大互换性生产的规模和控制机器配件的供应。1902 年英国伦敦以生产剪羊毛机为主的纽瓦(Newall)公司编制了尺寸公差的“极限表”,这是最早的公差制。

1906 年,英国颁布了国家标准 B. S. 27;1924 年英国又制定了国家标准 B. S. 164;1925 年,美国出版了包括公差在内的美国标准 A. S. A. B_{4a}。上述标准就是初期的公差标准。

在公差标准的发展史上,德国标准 DIN 占有重要位置,它在英、美初期公差标准的基础上有了较大的发展。其特点是采用了基孔制和基轴制,并提出公差单位的概念;将精度等级和配合分开;规定了标准温度为 20℃。1929 年苏联也颁布了“公差与配合标准”。

由于生产的发展,国际间的交流也愈来愈广,1926 年成立了国际标准化协会(ISA),它的第三技术委员会(ISA/CT 3)负责制定公差与配合标准,秘书国为德国。国际标准化协会在分析了 DIN(德国标准)、AFNOR(法国标准)、BSS(英国标准)和 SNV(瑞士标准)等国公差标准的基础上,于 1932 年提出了国际标准化协会 ISA 的议案。1935 年公布了 ISA 的草案。直到 1940 年才正式颁布了国际公差与配合标准。

第二次世界大战以后,于 1947 年 2 月国际标准化协会重新组建,改名为国际标准化组织(ISO),公差与配合标准仍由第三技术委员会(ISO/CT 3)负责,秘书国为法国。ISO 在 ISA 工作的基础上,制定了公差与配合标准,此标准于 1962 年公布,其编号为 ISO/R 286—1962(极限配合制)。以后又陆续制定、公布了包括 ISO/R 773—1969(长方形及正

方形平行键及键槽);ISO/R 1938—1971(光滑工件的检验);ISO/R 1101—I—1969(形状和位置公差通则、符合和图样标注法);ISO 68—1973(紧固连接的圆柱螺纹标准);ISO 1328—1975(平行轴圆柱齿齿轮精度制);ISO 468—1982(表面粗糙度标准)等在内的一系列标准,形成了现行的国际公差标准。

在半封建半殖民地的旧中国,由于工业落后,加之帝国主义侵略、军阀割据,根本谈不上统一的公差标准。那时全国采用的公差标准很混乱,有德国标准 DIN、日本标准 JIS、美国标准 ASA。1944 年旧经济部中央标准局曾颁布过中国标准 CIS,但实际上未能贯彻执行。

解放以后,随着社会主义建设的发展,我国在吸收了一些国家在公差标准方面的经验以后,于 1955 年由当时的第一机械工业部颁布了第一个公差与配合标准。1959 年由国家科委正式颁布了“公差与配合”国家标准(GB 159 ~ 174—59),接着又陆续制定了各种结合件、传动件、表面光洁度等标准。随着我国经济建设的发展,旧有的公差标准已不适应新形势的要求,因此在国家标准局的统一领导下,有计划地对原有标准进行了多次修订。这些新修订的标准,正在对我国的机械工业产生越来越大的影响。

1.2.2 测量技术发展概述

长度计量在我国具有悠久的历史。早在我国商朝时期(至今约 3100 年 ~ 3600 年)已有象牙制成的尺,到秦朝已统一了我国的度量衡制度。公元 9 年,即西汉末王莽建国元年,已制成铜质卡尺。但由于我国长期的封建统治,科学技术未能得到发展,计量技术也停滞不前。

18 世纪末期,由于欧洲工业的发展,要求统一长度单位。1791 年法国政府决定以通过巴黎地球子午线的四千万分之一作为长度单位——米。以后制定一米的基准尺,称为档案米尺,该尺的两端面之间的长度为一米。

1875 年国际米尺会议决定制造具有刻线的基准尺,用铂铱合金材料制成。1888 年国际计量局接受了由瑞士制造的 30 根基准尺,经与档案尺比较,其中 NO. 6 接近档案米尺,于是 1889 年召开第一届国际计量大会,通过以该尺作为国际米原器。

由于米原器的金属结构也不够稳定。1960 年 10 月召开的第十一届国际计量大会重新定义了米。即米是氪的同位素 $86(^{86}\text{Kr})$ 原子在 $2P_{10} \sim 5d_5$ 能级之间跃迁时所辐射的谱线在真空中波长的 1650763.76 倍。

随着激光技术的发展,光速测量精度已经达到很高的程度。因此 1983 年 10 月第十七届国际计量大会通过了以光速来定义米,即米是光在真空中于 $1/299792458$ 秒时间间隔内的行程长度。

伴随长度基准的发展,计量器具也在不断改进,自 1850 年美国制成游标卡尺以后,1927 年德国 Zeiss 厂制成了小型工具显微镜,次年该厂又生产了万能工具显微镜。从此,几何参数测量的精度、测量范围随着生产的发展而飞速发展。精度由 0.01mm 级提高到 0.001mm 级,甚至 0.0001mm 级;测量范围由二维空间发展到三维空间;测量的尺寸范围从集成元件的线条宽度到飞机的机架尺寸;测量的自动化程度,从人工对准刻度尺读数到自动对准、计算机处理数据、自动打印和自动显示测量结果。

解放前,我国没有计量仪器生产工厂。解放后,随着生产的迅速发展,新建和扩建了一批量仪厂。如哈尔滨量具刃具厂、成都量具刃具厂、上海光学仪器厂、新添光学仪器厂、

北京量具刃具厂以及中原量仪厂等。这些工厂成批生产了诸如万能工具显微镜、万能渐开线检查仪、电动轮廓仪、接触干涉仪、齿轮单啮仪、圆度仪和三坐标测量机等精密仪器，满足了我国工业发展的需要。

此外，我国在计量科学研究工作中也取得了很大的成绩。自1962年~1964年建立了 ^{86}Kr 长度基准以来，又先后成功研制了激光光电光波比长仪、激光二坐标测量仪、激光量块干涉仪以及波长为 $3.39\mu\text{m}$ 甲烷稳定的激光测量系统和波长为 $0.633\mu\text{m}$ 碘稳定的激光测量系统。从而使我国的长度基准、线纹尺测量和量块的检定达到世界先进水平。此外，我国研制成功并进行小批生产的激光丝杠动态检查仪、齿轮全误差测量仪等均进入世界先进行列。

1.3 标准化与优先数系

1.3.1 标准化

现代工业生产的特点是规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。为了适应生产中各部门的协调和各生产环节的衔接，必须有一种手段，使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的统一，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。标准化是互换性生产的基础。

所谓标准是指为了在一定的范围内获得最佳秩序，对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性的文件。该文件应以科学、技术和经验的综合成果为基础，以促进最佳社会效益为目的，还要经协商一致制定并经一个公认机构批准。

所谓标准化是指为了在一定的范围内获得最佳秩序，对实际的或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动。标准化工作包括制定标准、发布标准、组织实施标准和对标准的实施进行监督的全部活动过程。这个过程是从探索标准化对象开始，经调查、实验和分析，进而起草、制定和贯彻标准，而后修订标准。因此，标准化是个不断循环而又不断提高其水平的过程。标准化的重要意义在于改进产品、过程和服务的适用性，防止贸易壁垒，并促进技术合作。

根据我国《标准化法》的规定，按标准的使用范围将其分为国家标准、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，可以制定行业标准，但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，但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；已有国家标准或者行业标准的，企业还可以制定严于国家标准或者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。保障人体健康，人身、财产安全的标准和法律、行政法规规定强制执行的标准是强制性标准，其他标准是推荐性标准。

按标准的作用范围，标准分为国际标准、区域标准、国家标准、地方标准和试行标准。前四者分别为国际标准化的标准组织、区域标准化的标准组织、国家标准机构、在国家的某个地区一级所通过并发布的标准。试行标准是指由某个标准化机构临时采用并公开发

布的文件,以便在使用中获得必要作为标准依据的经验。

按标准化对象的特性,标准分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准、环境保护标准等。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用,具有广泛指导意义的标准,如极限与配合标准、形状和位置公差标准、渐开线圆柱齿轮精度标准等。

有了标准,并且标准得到正确地贯彻实施,就可以改进产品质量,缩短生产周期,便于开发新产品和协作配套,提高社会经济效益,发展社会主义市场经济和对外贸易。而标准化是组织现代化大生产的重要手段,是联系设计、生产和使用等方面的纽带,是科学管理的重要组成部分。

标准化不是当今才有的,早在人类开始创造工具时代就已出现。它是社会生产劳动的产物。在近代工业兴起和发展的过程中,标准化日益显得重要起来。在 19 世纪,标准化的应用就十分广泛,尤其在国防、造船、铁路运输等行业中的应用更为突出。20 世纪初,一些资本主义国家相继成立全国性的标准化组织机构,推进了本国的标准化事业。以后由于生产的发展,国际交流越来越频繁,因而出现了地区性和国际性的标准化组织。1926 年成立了国际标准化协会(简称 ISA)。第二次世界大战后,1947 年重建国际标准化协会,改名为国际标准化组织(简称 ISO)。现在,这个世界上最大的标准化组织已成为联合国甲级咨询机构。

我国标准化工作在 1949 年新中国成立后得到重视。从 1958 年发布第一批 120 项国家标准起,至今已制定并发布近两万项国家标准。我国在 1978 年恢复为 ISO 成员国,业已承担 ISO 技术委员会秘书处工作和国际标准草案起草工作。我国在公差标准方面,从 1959 年开始,陆续制定并发布了公差与配合、形状和位置公差、公差原则、表面粗糙度、光滑工件尺寸的检验、光滑极限量规、位置量规、平键、矩形花键、普通螺纹、渐开线圆柱齿轮精度、尺寸链计算方法、圆柱直齿渐开线花键、极限与配合等许多公差标准。随着经济建设发展的需要,有关部门本着立足于我国国情,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。1988 年,全国人大常委会通过并由国家主席发布了《中华人民共和国标准化法》。它的实施对于发展社会主义商品经济,促进技术进步,改进产品质量,发展对外贸易,提高社会经济效益,维护国家和人民的利益,使标准化工作适应社会主义现代化建设,具有十分重要的意义。1993 年全国人大常委会通过并由国家主席发布了《中华人民共和国产品质量法》,以加强产品质量监督管理,维护社会经济秩序,鼓励企业产品质量达到并且超过行业标准、国家标准和国际标准,不允许以不合格品冒充合格品。可以预计,在我国社会主义现代化建设过程中,我国标准化的水平和公差标准的水平将大大提高,对国民经济的发展必将做出更大的贡献。

1.3.2 优先数系

在商品生产中,为了满足用户各种各样的要求,同一品种的同一个人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挡、分级直接有关。优先数和优先数系是一种科学的数值制度,它适合于各种数值的分级,是国际上统一的数值分级制度。目前我国数值分级的国家标准 GB 321—80,也是

采用这种制度。

采用优先数系,能使工业生产部门以较少的产品品种和规格,经济、合理地满足用户的各种各样要求。它不仅适用于标准的制定,也适用于标准制定前的规划、设计,从而把产品品种的发展从一开始就引入科学的标准化轨道。

经过探索 and 大量实践表明,采用包含项值 1 的等比数列作为统一的数系优点很多。其中有两个突出的优点:数列中两相邻数的相对差为常数(相对差是指后项减前项的差值与前项之比的百分数);数列中各数经过乘、除、乘方等各种运算后还是数列中的数。而最能满足工业要求的等比数列是十进等比数列。所谓十进,就是数列的项值中包括 1, 10, 100, ..., 10^n 和 $1, 0.1, 0.01, \dots, 10^{-n}$ 这些数(这里 n 为正整数)。数列中的项值可按十进法向两端无限延伸。因此,十进等比数列是一种较理想的数系,可以用做优先数系。

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 是代表 5, 10, 20, 40 和 80 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,每隔 r 项的后项与前项的比值增大 10 倍。例如 R5:设首项为 a ,则依次各项为 $aq_5, a(q_5)^2, a(q_5)^3, a(q_5)^4, a(q_5)^5$,那么 $a(q_5)^5/a = 10$,故 $q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.6$ 。

相应各系列的公比如下。

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

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

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

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

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

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。R80 属于补充系列。

优先数系的五个系列中任一个项值均称为优先数,其理论值为 $(\sqrt[r]{10})^{N_r}$,式中 N_r 是任意整数。

各系列项值从 1 开始,可向大于 1 和小于 1 两边无限延伸,每个十进区间($1 \sim 10$, $10 \sim 100, \dots; 1 \sim 0.1, 0.1 \sim 0.01, \dots$)各有 r 个优先数。优先数的理论值多数是无理数,在工程上不能直接应用,需要加以圆整。根据取值的精确程度,数值可以分为以下几种。

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作进一步化整后所得的数值,一般取两位有效数字,如附表 1-1 所列。

此外,由于生产的需要,还有 R r 的变形系列,即派生系列和复合系列。R r 的派生系列指从 R r 系列中按一定的项差 p 取值所构成的系列。如 R r/p = R10/3,即在 R10 的数列中,每隔 3 项取 1 项的数列,其公比 $q_{\frac{10}{3}} = (\sqrt[10]{10})^3 = 2$ 。如 1, 2, 4, 8, ..., 1.25, 2.5, 5, 10, ..., 等等。复合系列是指由若干等公比系列混合构成的多公比系列,如 10, 16, 25, 35, 50, 71, 100, 125, 160 这一数列,它们分别由 R5, R20/3 和 R10 系列构成混合系列。

优先数系在各种标准中应用很广,它适用于各种尺寸、参数的系列化和质量指标的分级,对保证各种工业产品品种、规格的合理简化分档和协调配套具有重大的意义。选用基本系列时,应遵守先疏后密的规则,即应当按照 R5, R10, R20, R40 的顺序,优先采用公比较大的基本系列,以免规格过多。当基本系列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含有项值 1 的派生系列。例如在尺寸大于 500mm 到 3150mm 尺寸段的公差标准尺寸分段中,就采用了 R10 数系,它们是 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 和 3150。又如表面粗糙度的取样长度的分段就采用了 R10 的派生系数系 R10/5, 它们是 0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8.0 和 25。

1.4 本课程的内容、性质与任务

任何一台机器的设计过程,除了运动分析、结构设计、强度计算和刚度计算外,还有一项较为重要的设计即精度设计。机械精度设计的优劣对机器的工作性能、振动、噪声、寿命和可靠性,以及产品的经济性等方面都具有直接的影响作用。

本课程的内容是介绍几何量公差与配合的基本知识,重点讨论一般尺寸的通用零件及其装配的精度设计,包括他们的基本设计理论和方法以及技术资料、标准的应用等。在几何量测量、孔轴公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度、滚动轴承的公差与配合、圆柱齿轮的公差、圆柱螺纹及键的公差、尺寸链等方面作了较详细的介绍。

本课程的性质是以一般通用零件的精度设计为核心的设计性课程,而且是论述基本设计理论与方法的技术基础课程。这里需要特别提醒的是,书中虽然只讨论了一些零、部件,但绝不是仅仅为了学会这些零部件的设计理论和方法,而是通过学习这些基本内容去掌握有关的设计规律和技术措施,从而具有设计其他通用零、部件和某些专用零、部件的能力。

本课程的主要任务是培养学生以下几个方面的能力。

- (1) 建立正确的精度设计思想,并勇于创新探索。
- (2) 掌握通用零件的公差设计原理、方法及其一般设计规律。
- (3) 具有运用标准、规范、手册和查阅相关技术资料的能力。
- (4) 熟悉各种典型几何量的检测方法,并获得实验技能的基本训练。
- (5) 了解国家当前的有关技术政策,并对公差与检测技术的新发展有所了解。

在本课程的学习过程中,要综合运用先修课程中所学的有关知识与技能,所获得的基本知识还需要在以后的教学和实践中得到锻炼和加强。

习 题

1-1 什么叫互换性?为什么说互换性已成为现代机械制造业中一个普遍遵守原则?列举互换性应用实例(至少三个)。

1-2 按互换程度来分,互换性可分为哪两类?它们有何区别?各适用于什么场合?

1-3 什么叫优先数系和优先数?试写出派生系列 R10/2 和 R20/3 中优先数 1 ~ 100 的常用值。

第2章 测量技术基础

本章主要介绍几何量测量技术方面的基本知识,包括量值传递系统,量块基本知识,测量取器具的基本计量参数,测量误差的特点、分类及处理方法,测量结果的数据处理等。

2.1 测量技术基本知识

2.1.1 测量技术概述

在机械制造业中所说的测量技术或精密测量主要是指几何参数的测量,包括长度、角度、表面粗糙度、形状与位置误差以及螺纹、齿轮等较复杂零件的几何参数等。它们基本上从属于长度量和角度量。几何量测量和其他任何物理量的测量相同,就是将被测量与具有计量单位的标准量在数值上进行比较,从而确定二者比值的实验认知过程,可用下式(基本测量方程式)表示:

$$q = \frac{L}{u} \quad (2-1)$$

式中 L ——被测量值;

u ——计量单位;

q ——比值。

这个公式的物理意义说明,在被测量值 L 一定的情况下,比值 q 的大小完全决定于所采用的计量单位 u ,而且二者成反比关系。同时也说明计量单位 u 的选择决定于被测量值所要求的精确程度,这样经比较而得到的被测量值为 $L = qu$,即测量所得量值为用计量单位表示的被测量的数值。

一个完整的测量过程应该包括被测对象、计量单位、测量方法及测量精度四个要素。

1. 被测对象

从几何量的特性来分,被测对象包括长度、角度、几何误差和表面粗糙度等。从被测零件的形状来分,可分为方形零件、轴类零件、锥体零件、箱体零件、凸轮、齿轮、各种刀具等。必须熟悉它们的特性、被测参数的定义以及标准等,以便进行测量。

2. 计量单位

计量单位是为了保证测量的准确度而建立的一个统一而可靠的测量单位基准。1984年,国务院颁发了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,在采用国际单位制的基础上,规定我国计量单位一律采用《中华人民共和国法定计量单位》。规定长度的基本单位是米(m),其他常用单位有毫米($1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$)、微米($1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm}$)和纳米($1\text{nm} = 10^{-3}\mu\text{m}$);角度的基本单位是弧度(rad);其他常用单位还有度($^{\circ}$)、分(')和秒(")。