

高 等 学 校 教 材



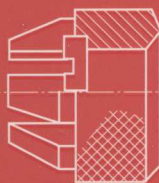
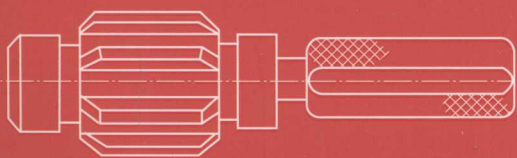
互换性

与测量技术基础

HUHUANXING YU CELIANG JISHU JICHU

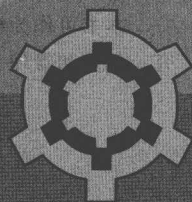


杨斌久 陈 军 主编



化学工业出版社

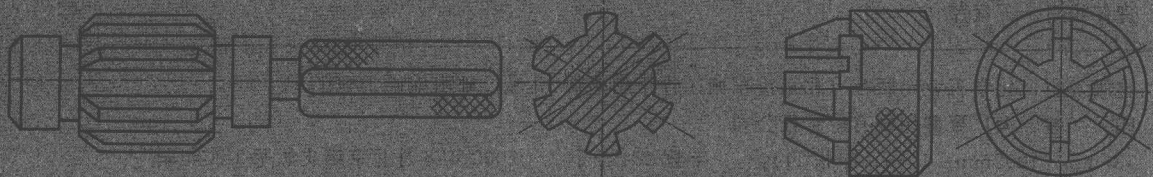
高等学校教材



互换性 与测量技术基础

HUHUANXING YU CELIANG JISHU JICHU

 杨斌久 陈 军 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要介绍了机械精度设计及测量技术的基础知识、基本理论和技能,紧密结合教学大纲、注重加强基础、突出能力培养,体现了工程应用性和针对性。全书采用了最新国家标准。每章后面编入了一定数量的习题,做到理论联系实际,学以致用。主要内容有:测量技术基础、圆柱体结合的公差、配合与检测、形状和位置公差与检测、表面粗糙度与检测、典型零部件的公差与检测、圆柱齿轮公差与检测及尺寸链等。

本书可作为机械类相关专业的本科教材,也可作为从事机电产品、仪器仪表的设计、制造、维修、研究、开发和管理工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础/杨斌久,陈军主编. —北京:
化学工业出版社, 2009. 9

高等学校教材

ISBN 978-7-122-06348-9

I. 互… II. ①杨…②陈… 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. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 125734 号

责任编辑:程树珍

装帧设计:刘丽华

责任校对:王素芹

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张11¼ 字数274千字 2009年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

“互换性与测量技术基础”课程，是高等工科院校机械类、仪器仪表类及机电结合类等各专业的一门重要的技术基础课程。通过对本课程的学习，使学生获得机械精度设计及测量技术的基本知识、基本理论和技能，为从事机电产品、仪器仪表的设计、制造、维修、研究、开发与管理工打下坚实的基础。

本教材是根据全国高等学校“互换性与测量技术基础”课程教学大纲要求，按照近几年来全国高等学校教学改革的有关精神，在结合编者多年教学实践并参照国内外有关资料和书籍的基础上编写而成的。

本书的特点如下：

- ① 紧密结合教学大纲，在内容上注重于加强基础、突出能力的培养，做到系统性强、少而精；
- ② 教材体现了工程应用性，以机械精度设计能力培养为主线，突出重点，特色鲜明；
- ③ 为了适应新形势下少学时教学需要，将各种典型零部件的精度设计与检测整合为一章，既方便教学又加强了针对性；
- ④ 全书采用最新国家标准；
- ⑤ 为方便学生自学和进一步理解课程的主要内容，在各章后均编入了一定数量的习题，做到理论联系实际，学以致用。

本书由杨斌久统稿，杨斌久、陈军任主编，王冬生、陈民弟任副主编。

本书在编写过程中得到了许多专家、同仁的大力支持和帮助，参考了许多教授、专家的有关文献，在此谨向他们表示衷心的感谢！

由于编者的水平和时间有限，书中难免存在疏漏和不当之处，恳请广大读者批评指正。

编 者
2009 年 5 月

目 录

1 绪论	1
1.1 互换性概述	1
1.1.1 互换性的含义	1
1.1.2 互换性的分类	1
1.1.3 互换性的作用	2
1.2 标准化与优先数系	2
1.2.1 标准和标准化	2
1.2.2 优先数系和优先数	3
1.3 本课程的特点和任务	5
1.3.1 本课程的特点	5
1.3.2 本课程的任务	5
习题	6
2 测量技术基础	7
2.1 测量的基本概念	7
2.1.1 测量与检验	7
2.1.2 长度基准与量值传递	8
2.1.3 角度基准与量值传递	9
2.1.4 量块	9
2.2 计量仪器和测量方法	12
2.2.1 计量仪器分类	12
2.2.2 计量器具的基本技术指标	12
2.2.3 测量方法分类	14
2.3 测量误差	15
2.3.1 测量误差的概念	15
2.3.2 测量误差的来源	15
2.3.3 测量误差分类	16
2.3.4 测量精度	17
2.4 测量误差的处理	18
2.4.1 随机误差的处理	18
2.4.2 系统误差的处理	19
2.4.3 粗大误差的处理	20
2.4.4 测量结果的数据处理	20
习题	23
3 圆柱体结合的公差、配合与检测	25
3.1 极限与配合的基本术语和定义	25
3.1.1 孔和轴的定义	25
3.1.2 尺寸的术语和定义	25
3.1.3 有关尺寸偏差、尺寸公差的术语和定义	26
3.1.4 有关配合的术语和定义	28
3.2 公差带的标准化	31
3.2.1 标准公差系列	31
3.2.2 基本偏差系列	33
3.2.3 线性尺寸的一般公差	42
3.3 极限与配合的选用	43
3.3.1 基准制的选用	43
3.3.2 标准公差等级的选用	44
3.3.3 配合的选用	46
3.4 光滑圆柱工件的检测	51
3.4.1 普通计量器具测量	51
3.4.2 光滑极限量规检验	55
习题	59
4 形状和位置公差与检测	61
4.1 概述	61
4.1.1 形位误差的产生及其影响	61

4.1.2	形位误差的研究对象	61	4.4.1	形位公差特征项目及基准要素的选择	75
4.1.3	形位公差特征项目和符号	62	4.4.2	公差原则的选择	76
4.2	形位公差的标注及其公差带	62	4.4.3	形位公差值的选择	76
4.2.1	形位公差的标注	63	4.5	形位误差及其检测	79
4.2.2	形位公差带	64	4.5.1	形状误差及其评定	79
4.3	公差原则	70	4.5.2	位置误差及其评定	84
4.3.1	术语及定义	70	4.5.3	形位误差的检测原则	84
4.3.2	公差原则	72	习题		85
4.4	形位公差的选择	75			
5	表面粗糙度与检测	88			
5.1	表面粗糙度的评定	88	方法		92
5.1.1	基本术语	88	5.3.1	表面粗糙度的符号和代号	92
5.1.2	评定参数	89	5.3.2	表面粗糙度代号的标注方法	92
5.2	表面粗糙度的参数值及其选用	90	5.3.3	表面粗糙度的标注示例	94
5.2.1	表面粗糙度的参数数值	90	5.4	表面粗糙度的检测	95
5.2.2	表面粗糙度的选用	91	习题		97
5.3	表面粗糙度在零件图上标注的				
6	典型零部件的公差与检测	98			
6.1	滚动轴承的公差与配合	98	6.3	圆柱螺纹公差与检测	112
6.1.1	滚动轴承的互换性和公差等级	98	6.3.1	概述	112
6.1.2	滚动轴承和与其配合的孔、轴公差带	99	6.3.2	影响螺纹结合精度的因素	114
6.1.3	滚动轴承与孔、轴结合的精度设计	101	6.3.3	普通螺纹的公差与配合	116
6.2	圆锥公差与检测	106	6.3.4	普通螺纹精度的检测	120
6.2.1	圆锥的主要几何参数	106	6.4	键和花键结合的公差与检测	122
6.2.2	圆锥公差与配合	107	6.4.1	普通平键结合的公差、配合与检测	122
6.2.3	锥度与圆锥角的检测	111	6.4.2	矩形花键结合的公差、配合与检测	124
			习题		127
7	圆柱齿轮公差与检测	129			
7.1	齿轮的应用要求及加工误差分类	129	许值		133
7.1.1	齿轮传动的应用要求	129	7.2.1	评定齿轮准确性的偏差检测项目	133
7.1.2	齿轮加工误差的来源与分类	130	7.2.2	评定齿轮平稳性的偏差检测项目	139
7.2	评定齿轮精度的偏差项目及其允		7.2.3	评定齿轮载荷分布均匀性的偏差	

检测项目	143	7.3.3 齿厚极限偏差的确定	153
7.2.4 评定齿轮副侧隙的偏差检测		7.3.4 齿轮检验项目的确定	154
项目	147	7.3.5 其它技术要求	154
7.3 渐开线圆柱齿轮精度标准	150	7.3.6 齿轮精度等级的标注	155
7.3.1 精度等级和等级确定	150	7.3.7 应用举例	155
7.3.2 齿轮副侧隙及齿厚偏差的		习题	157
确定	152		
8 尺寸链	158		
8.1 尺寸链的概念	158	8.2.2 正计算	163
8.1.1 尺寸链的定义及特点	158	8.2.3 反计算	164
8.1.2 尺寸链的基本术语	159	8.3 概率法解算尺寸链	166
8.1.3 尺寸链的分类	160	8.4 解装配尺寸链的其它方法	168
8.2 极值法解算尺寸链	161	习题	169
8.2.1 基本公式	161		
参考文献	171		

1

绪论

1.1 互换性概述

1.1.1 互换性的含义

互换性的概念在日常生活中随处可见。例如，机器或仪器上掉了一个螺钉，换上一个同规格的新螺钉就行了；电灯泡坏了，到商店购回一个同规格的灯泡装上即可；自行车、拖拉机、汽车等机械上的零件损坏后，修理人员可以迅速换上一个同规格的新零件，并且在更换或装配后，即能很好满足使用要求。之所以这样方便，是因为这些产品或零件具有在材料性能、几何尺寸、使用功能上能够互相替换的性能，即它们具有互换性。互换性是重要的生产原则和有效的技术措施，在国民经济的各个生产部门都被广泛采用。

在制造业中，零件或部件的互换性是指机械产品中同一规格的一批零件或部件，任取其中一件，不需经过任何选择、修配或调整，就能装配在机器上，并能满足机械产品使用要求的一种特性。

1.1.2 互换性的分类

(1) 按照决定参数或使用要求分类

① 几何参数互换性 是指规定几何参数（主要包括尺寸大小、几何形状以及形面间相互位置关系等）的极限，来保证成品的几何参数充分近似所达到的互换性，又称狭义互换性。本书主要讨论几何参数的互换性。

② 功能互换性 是指规定功能参数的极限所达到的互换性。功能参数不仅包括几何参数，还包括其它一些参数，如物理、化学等参数。该互换性又称为广义互换性。

(2) 按照实现方法及互换程度分类

① 完全互换 是指零件在装配或更换时，不需选择、辅助加工或修配，即可满足产品使用要求。

② 不完全互换 是指零件装配精度要求较高时，若采用完全互换将使零件制造公差很小、加工困难、成本很高，甚至无法加工。此时，可以采用其它方法来满足装配要求。如分组装配法，将零件的制造公差适当的放大，以便于加工，而在零件加工后，用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组，使每组零件间实际尺寸的差别减小，装配时按相应组进行（即大孔与大轴相配，小孔与小轴相配）。这样既方便了加工、降低了成本，又保证了装配精

度和使用要求。此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,故称为不完全互换或有限互换。

(3) 按照互换性用于标准部件或机构内、外部分类

① 外互换 是指部件或机构与其相配件间的互换性。例如,滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与轴承座孔的配合。

② 内互换 是指部件或机构内部组成零件之间的互换性。例如,滚动轴承内、外圈滚道表面与滚动体表面间的互换性。

为使用方便,滚动轴承的外互换采用完全互换,而其内互换则因其组成零件的精度要求较高,加工困难,故采用分组装配,为不完全互换。

通常,不完全互换只用于部件或机构制造厂内部的装配。对于厂外协作,即使产量不大,甚至是单件,往往也要求完全互换。具体采用何种互换,要由产品精度和复杂程度、生产规模、生产设备、技术水平等一系列因素决定。

1.1.3 互换性的作用

在机械制造中,互换性具有很重要的作用。主要表现在以下几个方面。

① 使用方面 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,减少机器的维修时间和费用,保证机器能连续和持久地运转,提高机器设备的使用价值。在某些情况下,互换性所起的作用是难以用价值来衡量的。例如,对国民经济有重要影响的基础设施、技术装备,要及时排除发生的故障,保证运转正常;在战场上要及时排除武器装备的故障,保证继续战斗。在这些场合,实现零部件的互换,显然是极为重要的。

② 制造方面 互换性是提高生产水平和进行文明生产的有力手段。装配时,由于零件(部件)具有互换性,不需要辅助加工和修配,可以减轻装配工的劳动量,因而缩短了装配周期;而且,还可实现自动装配,使装配生产率显著提高。加工时,由于按互换性原则组织生产,同一部机器上的各个零件可分别由各专业厂同时制造;各专业厂由于产品单一,产品数量大,分工细,便可采用高效率的专用设备;从而实现了专业化的协调生产,便于计算机辅助制造,提高产品质量和生产率,降低制造成本。

③ 设计方面 由于产品中采用了具有互换性的零部件,尤其是采用了较多的标准零件和部件(螺钉、销钉、滚动轴承等),这就使许多零部件不必重新设计,从而大大减轻了计算与绘图的工作量,简化了设计程序,缩短了设计周期,加速了产品更新换代,同时便于计算机辅助设计。

综上所述,互换性在提高产品质量和产品可靠性、提高经济效益等方面均具有重大意义。但是,互换性原则未必适用所有的机械产品,有时只有采取单个配制才符合经济原则,这时零(部)件就不具有互换性,但也有公差和检测的要求。

1.2 标准化与优先数系

1.2.1 标准和标准化

现代化生产的特点是品种多、规模大、分工细、协作多。为使社会生产有序地进行,需要通过标准化使产品的规格、品种简化,使分散的、局部的生产环节互相协调和统一。

(1) 标准

标准是对重复性事物和概念所做的统一规定,它是科学、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,并作为共同遵守的准则和依据(GB 3935.1—1983)。

标准按不同的级别颁发。根据适应领域和有效范围,我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个级别,且后三级标准不得与国家标准相抵触。

对需要在全国范围内统一的技术要求,应制定国家标准,代号为 GB;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,可制定行业标准,如机械标准(代号为 JB)等;对既没有国家标准又没有行业标准但又需要在某个范围内统一的技术要求,可制定地方标准或企业标准,他们的代号分别用 DB 和 QB 表示。

我国 1988 年颁布的《中华人民共和国标准化法》中规定,国家标准和行业标准又分为强制性标准和推荐性标准两大类。少量的有关人身安全、健康、卫生及环境保护之类的标准属于强制性标准,国家将用法律、行政、经济等各种手段来维护强制性标准的实施。大量的标准(80%以上)属于推荐性标准,推荐性标准也应积极采用,因为标准是科学技术的结晶,是多年实践经验的总结,它代表了先进的生产力,对生产具有普遍的指导意义。推荐性国家标准的代号为 GB/T。

在国际上,为了促进世界各国在技术上的统一,成立了国际标准化组织(简称 ISO)、国际电工委员会(简称 IEC)和国际电信联盟(简称 ITU),并由这三个组织负责制定和颁发相关国际标准。我国自从于 1978 年恢复参加 ISO 组织后,已陆续修订了自己的标准,使之在立足我国生产实际的基础上向 ISO 靠拢,以利于加强我国在国际上的技术交流和提高产品的互换性。

(2) 标准化

标准化是指在经济、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定、发布和实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程(GB 3935.1—1983)。由标准化的定义可以认识到:标准化不是一个孤立的概念,而是一个活动的过程;这个过程包括制定、贯彻、修订标准,循环往复,不断提高;制定、贯彻、修订标准是标准化的主要任务;在标准化的全部活动中,贯彻标准是个核心环节。同时,标准化在深度上是没有止境的,无论是一个标准,还是整个标准系统,都在不断提高、不断完善,向更深的层次发展。

在机械制造中,标准化是实现互换性生产、组织专业化生产的前提条件;是提高产品质量、降低产品成本和提高产品竞争能力的重要保证;是消除贸易障碍,促进国际技术交流和贸易发展,使产品打进国际市场的必要条件。随着经济建设和科学技术的发展、国际贸易的扩大,标准化的作用和重要性越来越受到各个国家特别是发达国家的高度重视。

总之,标准化在实现经济全球化、信息社会化方面尤其具有深远的意义。

1.2.2 优先数系和优先数

为了保证互换性,必须合理地确定零件公差,公差数值标准化的理论基础,即为优先数系和优先数。

(1) 优先数系

在产品设计和制定技术标准时,将涉及很多技术参数,这些技术参数在生产环节中往往

不是孤立的。当选定一个数值作为某种产品（或零部件）的参数指标后，这个数值就会按照一定规律向一切相关的制品、材料等有关参数指标传播扩散。例如动力机械的功率和转速值确定后，不仅会传播到有关机器的相应参数上，而且必然会传播到其本身的轴、轴承、键、齿轮、联轴器等一整套零部件的尺寸和材料特性参数上，并进而传播到加工和检验这些零部件用的刀具、量具、夹具及机床等的相应参数上。这种技术参数的传播性，在生产实际中是极为普遍的现象，并且跨越行业和部门的界限。工程技术上的参数值，即使只有很小的差别，经过反复传播后，也会造成尺寸规格的繁多杂乱，以致给组织生产、协调配套及使用维修等带来很大困难。因此，对各种技术参数，必须从全局出发，加以协调。

优先数系和优先数就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标准。

国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》规定十进等比数列为优先数系，并规定了5个系列。分别用符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示，称为 Rr 系列。其中前四个系列是基本系列（表 1-1），而 R80 则作为补充系列，仅用于数值分级很细的特殊场合。

优先数系是十进等比数列，其中包含 10 的所有整数次幂（…，0.01，0.1，1，10，100，…）。优先数系中的数值可方便地向两端延伸，由表 1-1 中的数值，通过小数点前后移位，便可以得到所有小于 1 和大于 10 的任意优先数。

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			

优先数系的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$ ，各系列的公比如下。

R5: 公比 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.5894 \approx 1.60$

R10: 公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2589 \approx 1.25$

R20: 公比 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.1220 \approx 1.12$

R40: 公比 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.0593 \approx 1.06$

R80: 公比 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.0291 \approx 1.03$

为使优先数系具有更宽广的适用性，国家标准还允许通过派生及复合等方法得到优先数系的变形系列，即派生系列和复合系列。派生系列是指从 Rr 系列中按一定的项差 p 取值所构成的系列，例如 $Rr/p = R10/3$ ，则其公比为 $q_{r/3} = (\sqrt[10]{10})^3 = 2$ ，其数系为 1，2，4，8，16 等。复合系列是指由若干个等公比系列混合构成的多公比系列，例如 10，16，25，35.5，50，71，100，125，160 就是由 R5，R20/3，R10 三个系列构成的复合系列。

(2) 优先数

优先数系的五个系列中任一个项值均称为优先数。按公比计算得到的优先数的理论值，除 10 的整数次幂外，都是无理数，工程技术上不能直接使用。实际应用的优先数都是经过

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,即

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,取三位有效数字进行圆整后规定的数值,是经常使用的。

(3) 优先数系的选用规则

优先数系的应用非常广泛,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的品种、规格、系列的合理化分档和协调配套具有十分重要的意义。

选用基本系列时,应遵守先疏后密的原则。即按 R5、R10、R20、R40 的顺序选用;当基本系列不能满足要求时,再选用补充系列和派生系列,注意应优先采用公比较大的和含有项值 1 的派生系列;根据经济性和需要量等不同条件,还可分段选用最适合的系列,即以复合系列的形式组成最佳系列。

由于优先数系中包含有各种不同公比的系列,因而可以满足各种较密和较疏的分级要求。优先数系广泛的适用性,使其成为国际上通用的标准化数系。工程技术人员应在一切标准化领域中尽可能地采用优先数系,以达到对各种技术参数协调、简化和统一的目的,促进国民经济更快、更稳地发展。

1.3 本课程的特点和任务

1.3.1 本课程的特点

本课程是高等工科院校机械类和近机类各专业的一门重要的技术基础课,是联系机械设计类课程和机械制造工艺类课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。机械精度设计是本课程的基本内容,它和标准化具有非常密切的关系;检测技术基础则属于计量学范畴。

设计任何一台机器,除了进行运动分析、结构设计、强度和刚度计算之外,还必须进行精度设计。这是因为机器的精度直接影响到机器的工作性能、振动、噪声和寿命等,而且科技越发达,机械工业生产规模越大,协作生产越广泛,对机械精度的要求就越高,对互换性的要求也越高,机械加工就越困难,这就要求必须处理好机器的使用要求与制造工艺之间的矛盾。因此,随着机械工业的发展,本课程的重要性越来越显得突出。

1.3.2 本课程的任务

在学习本课程之前,应具有一定的理论知识和生产实践知识,即需要掌握工程图学的基础知识和机械制造的生产实践知识。学生在学习本课程后应达到下列要求。

- ① 掌握互换性和标准化的基本概念;
- ② 了解本课程所介绍的各个公差标准和基本内容,掌握其特点和应用原则;
- ③ 初步学会根据机器和零部件的功能要求,选用合适的公差与配合,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。

总之,本课程的任务是使学生获得机械工程师必须掌握的机械精度设计和检测方面的基

本知识、基本技能和基本训练。而牢固掌握和熟练运用本课程的知识,则有待于后续课程的学习及毕业后实际工作的锻炼。

习 题

- 1-1 什么叫互换性?它在机械制造中有何作用?
- 1-2 互换性的优越性有哪些?实现互换性的条件是什么?
- 1-3 何谓标准化?它和互换性有何关系?标准应如何分类?
- 1-4 优先数系形成的规律是什么?
- 1-5 写出下列派生系列: $R10/2$, $R10/5$, $R5/3$, $R20/3$ 。
- 1-6 第一个数为 10,按 $R5$ 系列确定后 5 项优先数。
- 1-7 普通螺纹公差自 3 级精度开始其公差等级系数为: 0.50, 0.63, 0.80, 1.00, 1.25, 1.60, 2.00。试判断他们属于优先数系中的哪一种?其公比是多少?

2

测量技术基础

2.1 测量的基本概念

2.1.1 测量与检验

在机械制造中，加工后的零件，其几何精度是否满足设计时所规定的要求，需要经过测量或检验。

测量是指为确定被测量的量值而进行的实验过程，其是指将被测的几何量 L 与复现计量单位的标准量 E 进行比较，从而确定二者比值 q 的过程。即

$$q=L/E \quad (2-1)$$

检验是指判断被测对象是否合格的实验过程。

任何一个完整的测量过程必须有被测对象和所采用的计量单位，同时要采用与被测对象相适应的测量方法，并使测量结果达到所要求的测量精度。因此，测量过程应包括被测对象、计量单位、测量方法和测量精度四个要素。

(1) 被测对象

在几何量测量中，被测对象主要是指零件的尺寸、形状和位置误差以及表面粗糙度等几何参数。由于被测对象种类繁多，复杂程度各异，因此熟悉和掌握被测对象的定义，分析和研究被测对象的特点非常重要。

(2) 计量单位

在我国规定的法定计量单位中，长度单位为米（m），角度单位为弧度（rad）及度（°）、分（′）、秒（″）。

在机械制造业中，常用的长度单位为毫米（mm）；常用的角度单位为弧度、微弧度（ μrad ）及度、分、秒。在几何量精密及超精密测量中，常用的长度单位为微米（ μm ）和纳米（nm）。

(3) 测量方法

测量方法是指进行测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的总和。根据被测对象的特点，如精度、大小、轻重、材质、数量等来确定所用的计量器具，分析研究被测参数的特点和与其它参数的关系，确定最合适的测量方法。

(4) 测量精度

测量精度是指测量结果与其真值的一致程度。测量过程中不可避免地存在测量误差。测

量误差小，测量精度高；测量误差大，测量精度低。只有测量误差足够小，才表明测量结果是可靠的。因此，不知道测量精度的测量结果是没有意义的测量。测量精度的高低用测量极限误差或测量不确定度表示。

测量是进行互换性生产的重要组成部分和前提之一，也是保证各种极限与配合标准贯彻实施的重要手段。为了进行测量并达到一定的精度，必须使用统一的标准，采用一定的测量方法和运用适当的测量器具。

2.1.2 长度基准与量值传递

国际上统一使用的公制长度单位是在1983年第17届国际计量大会上通过的，以米作为长度单位。米的定义为：“米是光在真空中 $1/299792458$ 秒的时间间隔内的行程长度”。

用上述米的定义作为长度基准，显然无法直接用于实际生产中的尺寸测量。为了保证长度量值的统一，必须把长度基准的量值准确地传递到生产中使用的计量器具和被测工件上。长度量值传递的主要标准器是线纹尺和量块，长度基准的量值传递系统如图2-1所示。

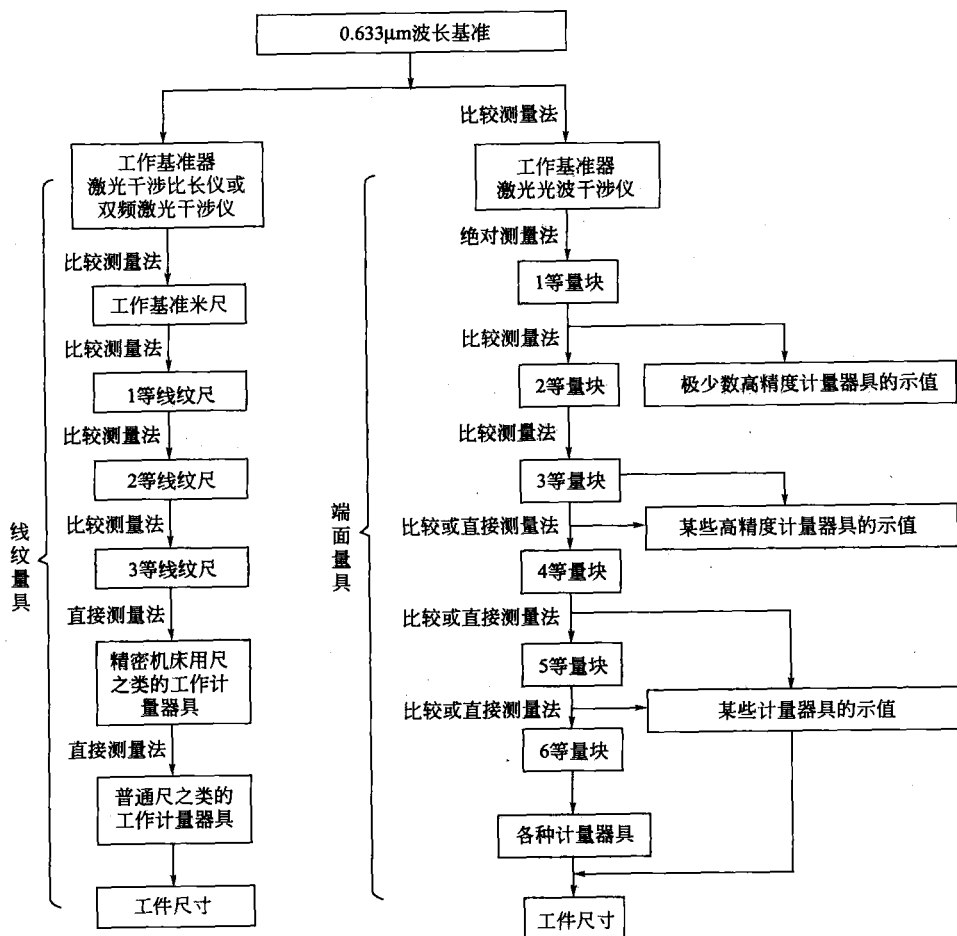


图 2-1 长度基准的量值传递系统

2.1.3 角度基准与量值传递

角度也是重要的几何量之一，由于圆周角定义为 360° 。因此，角度不需要像长度那样建立自然基准。但在计量部门，为了工作方便，仍然以多面棱体（见图 2-2）作为角度基准来建立角度传递系统。

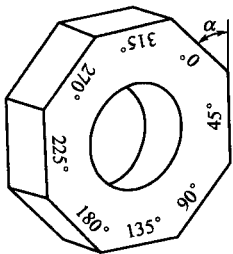


图 2-2 正八面棱体

多面棱体是用特殊合金钢或石英玻璃精细加工而成。常见的有 4、6、8、12、24、36、72 等正多面棱体。图 2-2 所示为正八面棱体，在任意轴切面上，相邻两面法线间的夹角为 45° ，它可以作为基准角来测量任意 $n \times 45^\circ$ 的角度（ $n=1, 2, 3, \dots$ ）。

以多面棱体为基准的角度量值传递系统如图 2-3 所示。

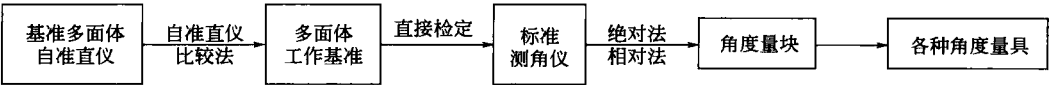


图 2-3 角度基准的量值传递系统

2.1.4 量块

量块是精密测量中经常使用的标准器，分长度量块和角度量块两类。量块的用途广泛，除作为标准器具进行量值传递外，还可用来调整仪器、机床和其它设备，也可以用来直接测量工件。

(1) 长度量块

长度量块是单值端面量具，其形状大多为长方六面体，其中一对平行平面为量块的工作表面（即测量平面），两工作表面的间距即长度量块的工作尺寸。量块由特殊合金钢制成，耐磨且不易变形，工作表面之间或与平晶（图 2-4）表面间具有可研合性，以便组成所需尺寸的量块组。量块上标示出的尺寸称为量块的标称尺寸。标称尺寸（即名义尺寸） $< 6\text{mm}$ 的量块，有数字的一面为上测量面；标称尺寸 $\geq 6\text{mm}$ 的量块，有数字面的右侧面为上测量面。

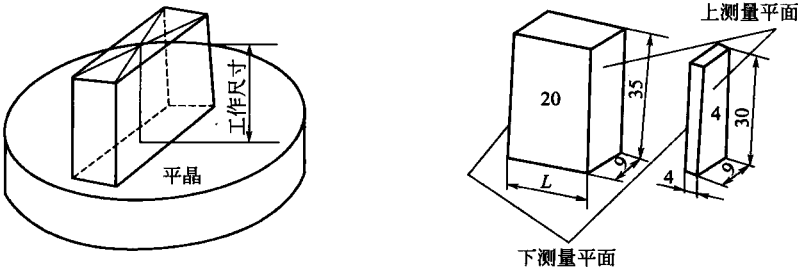


图 2-4 量块的形状与尺寸

量块按一定的尺寸系列成套生产，GB/T 6093—2001 中规定了 17 种成套的量块系列，表 2-1 为从标准中摘录的几套量块的尺寸系列。

表 2-1 成套量块的尺寸 (摘自 GB/T 6093—2001)

套 别	总块数	级 别	尺寸系列/mm	间 隔/mm	块 数
1	91	0,1	0.5	—	1
			1	—	1
			0.001,0.002,...,1.009	0.001	9
			1.01,1.02,...,1.49	0.01	49
			1.5,1.6,...,1.9	0.1	5
			2.0,2.5,...,9.5	0.5	16
			10,20,...,100	10	10
2	83	0,1,2,(3)	0.5		1
			1		1
			1.05		1
			1.01,1.02,...,1.49	0.01	49
			1.5,1.6,...,1.9	0.1	5
			2.0,2.5,...,9.5	0.5	16
			10,20,...,100	10	10
3	46	0,1,2	1	—	1
			1.001,1.002,...,1.009	0.001	9
			1.01,1.02,...,1.09	0.01	9
			1.0,1.2,...,1.9	0.1	9
			2,3,...,9	1	8
			10,20,...,100	10	10
5	10	0,1	0.991,0.992,...,1	0.001	10

注：带 () 的等级，根据订货供应。

在组合量块尺寸时，为了获得较高尺寸精度，应力求以最少的量块数组成所需要的尺寸。通常情况下，量块的数目不应超过 4，并使各量块测量面的中心点在同一直线上。实际组合时，应从消去所需尺寸的最末位数开始，逐一选取。例如，使用 83 块一套的量块组，从中选取量块组成尺寸为 38.785mm。

$$\begin{array}{rcl} 38.785 & \text{—— 所需组合的尺寸} & \\ \underline{-1.005} & \text{—— 第一块量块尺寸} & \\ 37.78 & & \\ \underline{-1.28} & \text{—— 第二块量块尺寸} & \\ 36.5 & & \\ \underline{-6.5} & \text{—— 第三块量块尺寸} & \\ 30 & \text{—— 第四块量块尺寸} & \end{array}$$

按 GB/T 6093—2001 的规定，量块按制造技术要求分为 5 级，即 k，0，1，2，3 级。按级使用量块时，是以量块的标称长度为工作尺寸，即不计量块的制造误差和磨损误差，因此测量精度不高，但使用方便。

在计量测试部门中，量块常作为尺寸传递的工具。按我国 JJG 146—2003《量块检定规程》，将量块分为 5 等，即 1，2，3，4，5。其中一等量块技术要求最高，5 等技术要求最低。低一等的量块尺寸是由高一等的量块传递而来 (图 2-1)。因此，按等使用量块时，是用量块的实际尺寸，而不是量块的标称尺寸。此时影响量块使用的准确度就不再是量块长度的极限偏差，而是检定量块时的测量总不确定度。

表 2-2 和表 2-3 分别列出了量块按级和按等划分时有关技术要求的部分数值。