



普通高等教育“十二五”机电类规划教材
黑龙江省教育科学“十二五”规划重点课题



机械精度设计与检测

王世刚 曹丽娟 主编

- 精简教学内容，采用最新国家标准，反映最新成果
- 阐述各种典型机械零件精度设计的基本原理和方法
- 丰富精度设计实例，展示公差标准在设计中的应用



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

013062889

TH122-43
364

普通高等教育“十二五”机电类规划教材
黑龙江省教育科学“十二五”规划重点课题

机械精度设计与检测

王世刚 曹丽娟 主 编

刘莹 韩光超 林景凡 副主编

于 峰 主 审



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



北航

C1670594

TH122-43
364

0888280810

内 容 简 介

本书为高等学校机械类和近机类各专业技术基础课教材。内容包括：绪论、测量技术基础、尺寸精度设计与检测、几何精度设计与检测、表面粗糙度设计与检测、常用典型零件精度设计与检测、渐开线圆柱齿轮传动的精度设计与检测、尺寸链的精度设计、几何参数精度设计实例等共九章。

本书内容全部按最新的国家标准编写，力求遵循教学规律，便于学生掌握和自学，同时书中各章有思考与练习题。

本书可供高等学校相关专业师生使用，也可供机械设计、机械制造、标准化、计量测试等工程技术领域的从业人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计与检测/王世刚，曹丽娟主编. —北京：电子工业出版社，2013.8

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

ISBN 978-7-121-20933-8

I. ①机… II. ①王…②曹… 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(2013)第 146152 号

策划编辑：郭穗娟

责任编辑：夏平飞 特约编辑：郭茂威

印 刷：北京季蜂印刷有限公司

装 订：三河市鹏成印业有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：16 字数：420 千字

印 次：2013 年 8 月第 1 次印刷

定 价：39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010)88258888。

前 言

“机械精度设计与检测”是高等学校机械类和近机类各专业的一门重要技术基础课程，是与机械工业紧密联系的一门基础学科。随着科学技术的发展，它更加广泛地应用于生产实际当中。

本书是根据全国高校“互换性与测量技术基础”课程教学大纲要求，按照 21 世纪新的教学改革需要而编写的。

全书紧密结合教学大纲，精简教学内容，强化基础，反映国内外最新成果，理论联系实际，增加了实际应用和精度设计实例；采用了最新颁布的相关国家标准，参考了最新出版的同类教材，融入了编者多年的教学经验，力求按教学规律阐述机械精度设计和检测技术的基本知识、各种典型机械零件精度设计的基本原理和方法，以及各种公差标准在设计中的应用。书中各章有思考与练习题，以配合教学的需要，也便于读者自学。

本书由王世刚、曹丽娟主编，刘莹、韩光超、林景凡副主编，于峰教授主审。

参加本书编写的有：齐齐哈尔大学王世刚（第 1、6 章），林景凡（第 2、7、9 章和附录 A）；大连海洋大学曹丽娟（第 4 章），上海应用技术学院刘莹（第 3 章），浙江海洋学院郑雄胜（第 5 章），中国地质大学韩光超（第 8 章）。

本书受黑龙江省教育科学“十二五”规划重点课题资助（GBB1211062）。

在本书编写过程中，得到很多兄弟院校有关同志的热情支持和帮助，谨此表示诚挚的谢意。限于编者的水平，书中难免存在疏漏和不当之处，请读者批评指正。

编 者
2013 年 5 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 互换性的基本概念	1
1.1.1 互换性的含义	1
1.1.2 互换性的分类	1
1.1.3 互换性指导生产的意义	1
1.2 标准与标准化的基本概念	2
1.2.1 标准的基本概念	2
1.2.2 标准化的基本概念	2
1.2.3 标准的种类	3
1.2.4 我国标准管理体制	3
1.3 优先数和优先数系	4
1.3.1 建立优先数系的意义	4
1.3.2 优先数系	4
1.3.3 优先数系的应用	4
1.3.4 优先数系的应用实例	5
思考与练习	5
第2章 测量技术基础	6
2.1 测量技术概述	6
2.2 测量方法与计量器具	10
2.2.1 测量方法分类	10
2.2.2 计量器具的基本技术指标	12
2.3 测量误差的基本概念	13
2.3.1 绝对误差	13
2.3.2 相对误差	13
2.3.3 引用误差	14
2.3.4 测量误差的分类	14
2.4 测量误差的来源	15
2.4.1 计量器具误差	15
2.4.2 基准件误差	17
2.4.3 测量力引起的误差	18
2.4.4 读数误差	18
2.4.5 环境条件引起的误差	19
2.4.6 方法误差	19
2.4.7 人员误差	19
2.5 随机误差	20
2.5.1 随机误差的统计特性及概率分布	20

2.5.2 随机误差数字特征的估计	21
2.5.3 随机误差的概率计算及极限测量误差	23
2.5.4 平均值的概率分布及置信区间	25
2.6 系统误差	27
2.6.1 系统误差的特点及分类	27
2.6.2 系统误差的发现	28
2.6.3 系统误差的减小及消除	31
2.7 粗大误差	32
2.8 误差合成	35
思考与练习	39
第3章 尺寸精度设计与检测	40
3.1 概述	40
3.2 基本术语及定义	40
3.3 极限与配合的国家标准	48
3.3.1 标准公差系列	48
3.3.2 基本偏差系列	51
3.4 尺寸精度的设计	58
3.4.1 基准制的选用	58
3.4.2 标准公差等级的选用	60
3.4.3 配合的选用	61
3.4.4 线性尺寸的未注公差的选用	64
3.4.5 综合举例	66
3.4.6 配合选用时应注意的问题	68
3.5 尺寸精度的检测	69
3.5.1 用通用计量器具测量	69
3.5.2 用光滑极限量规检验	74
思考与练习	79
第4章 几何精度设计与检测	80
4.1 概述	80
4.1.1 几何公差标准的发展概况	80
4.1.2 几何误差的产生及其影响	80
4.1.3 几何误差的研究对象	81
4.1.4 几何公差的特征项目和符号	82
4.2 几何公差的标注及其公差带	83
4.2.1 几何公差的标注	83
4.2.2 几何公差带	89
4.3 公差原则与公差要求	105
4.3.1 有关术语和定义	105
4.3.2 独立原则	107



4.3.3 相关要求	107
4.4 几何精度的设计	115
4.4.1 几何公差特征项目的选用	115
4.4.2 公差原则或公差要求的确定	115
4.4.3 基准要素的选择	116
4.4.4 几何公差值的选用	116
4.5 几何误差及检测	118
4.5.1 形状误差的评定	118
4.5.2 形状误差的判断准则	118
4.5.3 位置误差的评定	123
思考与练习	124
第5章 表面粗糙度设计与检测	126
5.1 表面粗糙度的定义及研究意义	126
5.1.1 表面粗糙度的定义	126
5.1.2 研究表面粗糙度的意义	126
5.2 表面粗糙度的评定	127
5.2.1 基本术语及定义	127
5.2.2 评定参数	128
5.3 表面粗糙度的设计	130
5.3.1 表面粗糙度的参数	130
5.3.2 表面粗糙度的选用	130
5.4 表面粗糙度符号、代号及标注方法	134
5.4.1 表面粗糙度符号	134
5.4.2 表面粗糙度要求标注的内容及其注法	134
5.4.3 表面粗糙度要求在图样上的标注方法	137
5.5 表面粗糙度的检测	139
思考与练习	142
第6章 常用典型零件精度设计与检测	143
6.1 键与花键连接的精度设计	143
6.1.1 普通平键结合的精度设计	143
6.1.2 矩形花键结合的精度设计	145
6.2 滚动轴承与轴和外壳孔结合的精度设计	148
6.2.1 滚动轴承内外环结合的分析	148
6.2.2 滚动轴承的精度等级及其结合参数的特征	148
6.2.3 滚动轴承公差带分布的特点	149
6.2.4 滚动轴承公差与配合的选择及图样标注	151
6.3 圆柱螺纹结合的精度设计	156
6.3.1 普通螺纹结合的种类及其主要参数	156
6.3.2 影响螺纹旋入性能的分析	157

6.3.3	螺纹结合合格性的判断原则	158
6.3.4	普通螺纹的公差等级及公差带分布	159
6.3.5	普通螺纹结合的公差与配合的选择及图样标记	159
6.3.6	普通螺纹精度的检测	163
6.4	圆锥结合的精度设计	164
6.4.1	概述	164
6.4.2	圆锥公差	166
6.4.3	圆锥配合的选用	167
6.4.4	锥度与圆锥角的检测	167
	思考与练习	169
第7章	渐开线圆柱齿轮传动的精度设计与检测	170
7.1	齿轮传动的使用要求	170
7.2	影响渐开线圆柱齿轮精度的因素	171
7.2.1	影响传递运动准确性的因素	171
7.2.2	影响齿轮传动平稳性的因素	173
7.2.3	影响载荷分布均匀性的因素	174
7.3	渐开线圆柱齿轮精度的评定参数	174
7.3.1	渐开线圆柱齿轮轮齿同侧齿面偏差	174
7.3.2	渐开线圆柱齿轮径向综合偏差与径向跳动	179
7.4	渐开线圆柱齿轮精度标准	180
7.4.1	精度等级	180
7.4.2	偏差的允许值(公差)及计算公式	181
7.5	渐开线圆柱齿轮精度设计	187
7.5.1	齿轮精度等级的确定	187
7.5.2	最小法向侧隙和齿厚极限偏差的确定	188
7.5.3	轮齿检验项目的确定	193
7.5.4	齿轮坯、齿轮轴中心距和轴线平行度	194
7.5.5	齿轮齿面表面粗糙度、轮齿接触斑点	197
7.5.6	齿轮精度等级在图样上的标注	197
7.5.7	齿轮精度设计实例	198
7.6	齿轮精度的检测	199
7.6.1	齿圈径向跳动的测量	199
7.6.2	齿距的测量	199
7.6.3	齿廓偏差的测量	202
7.6.4	齿向和螺旋线偏差的测量	202
7.6.5	公法线的测量	203
7.6.6	齿厚的测量	204
7.6.7	单面啮合综合测量	205
7.6.8	双面啮合综合测量	205



思考与练习	206
第 8 章 尺寸链的精度设计	207
8.1 尺寸链的基本概念	207
8.1.1 尺寸链的基本术语	207
8.1.2 尺寸链的代号与符号	208
8.1.3 尺寸链的分类	208
8.1.4 尺寸链的建立与分析	211
8.1.5 尺寸链能解决的问题	212
8.2 用完全互换法解尺寸链	213
8.2.1 极值法解尺寸链的基本步骤	213
8.2.2 极值法解尺寸链的基本公式	213
8.2.3 用极值法解尺寸链的实例	214
8.3 用概率法解尺寸链	217
8.3.1 概率法解尺寸链的基本公式	218
8.3.2 用概率法解尺寸链的实例	219
8.4 解尺寸链的其他方法	221
8.4.1 分组装配法	221
8.4.2 修配补偿法	222
8.4.3 调整补偿法	223
思考与练习	224
第 9 章 几何参数精度设计实例	226
9.1 概述	226
9.2 装配图中的精度设计	226
9.2.1 装配图中极限公差与配合确定的方法及原则	226
9.2.2 装配图精度设计实例	227
9.3 零件图中的精度设计	229
9.3.1 零件图中精度确定的方法及原则	229
9.3.2 零件图精度设计实例	230
9.4 几何参数精度设计课程设计	231
附录 A 公差表格	234
参考文献	242

第1章 绪 论

1.1 互换性的基本概念

1.1.1 互换性的含义

日常生活中,经常遇到这样的事情,灯泡坏了,去商店里买一个同样规格的灯泡安装上,电灯就又亮了;手表上的某一零件坏了,去修表店换上一个同样规格的零件,手表就能正常工作了。之所以这样方便,是因为灯泡、手表中的某一零件等具有互换性。

互换性的含义是为达到产品设计、制造的最佳经济效益,对产品零件、部件及构件的几何参数、物理参数,规定公差,使同类零部件在几何量的形状和位置上、尺寸和功能上具有相互替换的性能。

灯泡或手表中的某一零件以旧换新,是按照相同规格来替换的。事实上,相同规格的产品,其实际尺寸不一定完全相同。这是因为在加工过程中不可避免地存在着加工误差和测量误差,绝对准确的尺寸是无法达到的,即使高精度的加工设备和加工方法,仍然会存在着加工误差。所以,具有互换性的零件,其实际尺寸允许有一定的变动范围(公差)。公差就是允许尺寸的变动量。公差的数值越大,加工越容易,成本越低,但精度较差。反之,数值越小,加工越难,成本越高,但精度较高。因此,在选择公差上,应从产品质量和加工经济性方面综合考虑。

综上所述,互换性的定义是:当按照规定的几何尺寸要求加工后的一批零件,在装配或更换时,不需要辅助加工和挑选,便能装配得上,并且达到预定的功能作用,则称这批零件具有互换性。

1.1.2 互换性的分类

互换性按其程度不同,分为完全互换和不完全互换。

完全互换:零部件不需任何辅助加工与修配,可不加挑选地进行装配或更换,就可以满足使用要求的性质。一般的,标准件采用完全互换,便于专业化生产和装配。

不完全互换:在装配前,将零件按尺寸分组,按组装配,或采用更换零件或调整位置的办法来达到装配的精度要求,前者又称分组互换,后者又称为调整互换。对部件和机构而言,互换性又称为内互换与外互换。

内互换:指部件或机构内部组成零件间的互换性。如滚动轴承内部组成零件之间配合为内互换,在使用过程中不再更换内部零件,所以可采用不完全互换。

外互换:指部件或机构与其外部配件之间的互换性。如上述滚动轴承中的内圈与轴,外圈与壳体孔之间的配合为外互换。其特点是常用于厂与厂之间,部门与部门之间协作件的配合和在使用过程中需要更换的零件以及与标准件相配合的零件,所以采用完全互换。

1.1.3 互换性指导生产的意义

互换性可以从设计、制造、装配、使用等方面进行分析。

(1) 设计。设计时, 尽量采用具有互换性的通用件、标准件, 以简化计算、绘图等工作, 缩短设计时间, 有利于设计工程师抽出更多时间从事新产品的研究与开发, 有利于计算机辅助设计。

(2) 制造。制造时, 遵循互换性原则, 将同一机器上的不同零部件分散制造, 由于产品单一, 分工精细, 可以采用专用设备乃至采用计算机辅助制造 (CAM)。这不仅大大提高了劳动生产率, 而且产品的产量、质量也会显著提高。

(3) 装配。装配时, 将各专业厂分散制造的零部件集中组装, 可以不加挑选、随机装配, 就能满足使用要求。这样, 显著减轻了装配劳动量, 节省了装配工时, 并且可以实现装配流水自动线, 使装配生产率大大提高。

(4) 使用。使用时, 具有互换性的零件, 在损坏或磨损后, 可用同规格的备件取代, 这样减少了维修时间与费用, 保证了机器生产的连续性和设备的完好率。

1.2 标准与标准化的基本概念

标准化是组织现代化生产的重要手段之一, 是实现专业化协作生产的必要前提, 是科学管理的重要组成部分。标准化的影响是多方面的。它影响生产和管理的现代化, 影响国际贸易和技术交流, 影响环境保护和安全卫生等方面。标准化的深度和广度反映了一个国家的生产水平。现代化的程度越高, 对标准化的要求也越高。

1.2.1 标准的基本概念

GB/T 20000.1—2002 对标准所下的定义: “为了在一定的范围内获得最佳秩序, 经协商一致制定并由公认机构批准, 共同使用和重复作用的一种规范性文件。” 标准是依据科学技术和实践经验的综合成果, 在充分协商的基础上, 对经济技术活动中具有多样性、相关性特征的重复事物, 由公认机构批准, 以特定形式发布的统一规定。

制定标准目的是获得国民经济最佳效果; 依据是科学技术和生产实践经验综合成果; 标准的对象是在经济技术活动中具多样性、相关特征的重复事物; 制定标准方法是通过充分协商, 并由公认机构批准发布的统一规定。

1.2.2 标准化的基本概念

GB/T 20000.1—2002 对标准化所下的定义: “为了在一定的范围内获得最佳秩序, 对现实问题或潜在的问题制定共同作用和重复使用的条款的活动。” 标准化的主要特征是“活动过程”, 制定标准的目的在于贯彻标准, 当标准在国民经济技术活动中得到贯彻, 才能表现出标准化的效果。通过这一活动过程, 提高了科学技术与生产水平。随着科学技术的发展, 原来的标准水平落后于生产技术发展, 此时要在新的基础上, 修订原来标准, 修订后的标准在深度、广度和水平方面皆比原来标准有所提高。如此循环, 使标准水平不断提高, 呈螺旋式上升。标准化是指制定标准、修订标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。标准化活动中心是标准。



1.2.3 标准的种类

按照标准性质,将标准分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三大类,我们仅介绍技术标准。

技术标准是指为科研、设计、工艺、检验等技术,为产品和工程技术质量特征,为各种设备和工装、工具等制定的标准。技术标准面广,种类繁多,概括有以下几种:

(1) 基础标准。基础标准是生产技术活动中最基本、最具有广泛指导意义的标准。它是具有最一般的共性、通用性的标准。例如通用的名词术语、机械制图、优先数系、计量单位和本书所介绍的标准等皆为基础标准。

(2) 产品标准。为某一类产品的形式、尺寸、主要性能参数、质量指标、试验方法、验收规则,以及包装、储存、运输、使用、维修等方面内容所制定的标准。

(3) 方法标准。是指以试验、检验、分析、抽样统计等各种方法为对象制定的标准。

(4) 安全卫生与环境保护标准。指一切属于设备和人身安全、卫生以及有关保护环境污染的标准。

1.2.4 我国标准管理体制

我国标准分为国家标准、部标准(专业标准)和企业标准三级管理体制。

1. 国家标准

国家标准是对全国经济技术发展有重大意义而必须制定的全国范围内的统一标准。例如原材料标准,有关人民安全健康和环境保护标准,公差与配合标准,通用的零部件等标准。国家标准分为两类:必须执行的标准(GB)和推荐执行标准(GB/T)。它们均采用汉语拼音字母表示,并用阿拉伯数字表示标准的编号和批准年代号,两者之间用横线分隔开。如国家标准代号“GB”(Guo Biao)读作“国标”,例如 GB1801—1979,编号为 1801,1979 年批准。

2. 部标准(专业标准)

部标准主要指全国性的各专业范围内统一的标准。部标准是为适应按行政系统划分而制定的标准。虽然部标准在当时起过积极作用,但有些缺陷。例如,各部门行政系统不同,具有同一类型的专业,就全国来说应按同一专业制定同一标准,但由于各部门之间意见不一致,各自成其系统,协调困难,影响了标准的统一。因此,从统一角度考虑,部标准应逐步过渡为专业标准。

3. 企业标准

企业标准是指专业标准以下的各种标准的统称。即在一个地区范围内、一个企业或几个企业范围内需要统一的标准。没有制定国家标准和部标准的产品,都要制定企业标准。为了提高产品质量,企业可制定比国家标准和部标准更高质量的企业标准。

专业标准(部标准)的代号,用部名或专业名称的汉语拼音的第一个字母表示。例如原机械工业部的标准代号为 JB/T 5888—2005。

企业标准代号,为避免与国家标准、部标准混淆,规定用 Q (Qi) 为分子,其分母按

中央直属企业和地方企业不同,分别由各有关部门或地方主管部门规定。地方企业在 Q 前加上各省、市和自治区的简称汉字。例如“京 Q”、“沪 Q”、“冀 Q”、“皖 Q”等表示北京市、上海市、河北省、安徽省的企业标准。

1.3 优先数和优先数系

1.3.1 建立优先数系的意义

众所周知,产品的规格是多种多样的,用户可以根据自己的需要来选择,生产厂家就是依据优先数系来制定这一数值系列的。

1.3.2 优先数系

数值系列可以是下面的数列:

125 160 200 250 315 400 500 630
160 250 400 630

前行的公比是 1.25;后行的公比为 1.60。两者的项数虽然不同,它们的公比也不相同,但是后行的数都可以从前行中找到。国家标准 GB/T 321—2005 规定,优先数系是由公比为 $(\sqrt[5]{10})$, $(\sqrt[10]{10})$, $(\sqrt[20]{10})$, $(\sqrt[40]{10})$ 和 $(\sqrt[80]{10})$,且项值中含有 10 的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比的数列。各数列分别用符号 R5, R10, R20, R40 和 R80 表示,称为 R5 系列, R10 系列, R20 系列, R40 系列和 R80 系列。

上述中五个系列的公比都是无理数,在工程实践中不能直接应用,所以在实际生产中使用的是将其圆整的近似值,其值如下:

R5 系列: $q_5 = (\sqrt[5]{10}) \approx 1.5849 \approx 1.60$ R10 系列: $q_{10} = (\sqrt[10]{10}) \approx 1.2589 \approx 1.25$

R20 系列: $q_{20} = (\sqrt[20]{10}) \approx 1.1220 \approx 1.12$ R40 系列: $q_{40} = (\sqrt[40]{10}) \approx 1.0593 \approx 1.06$

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

前四个系列是优先数系中的常用系列,称为基本系列。R80 系列称为补充系列,基本系列各项数值如表 1-1 所示。

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			

1.3.3 优先数系的应用

(1) Rr 系列中的项值可按十进法向两端无限延伸,以满足工程上的需要。如: R5 系列:



..., 0.25, 0.40, 0.63, $\leftarrow$ 1, 1.6, 2.5, 4.0, 6.3 $\rightarrow$ 10, 16, 25, 40, 63, ...

小数点向左移动

基本系列

小数点向右移动

(2) 又因为较疏的优先数系的项值, 包容在较密的优先数系的两项之中, 应用时, 可采用内插法得到所需要的值。如:

1 1.6 2.5 4.0 6.3 ...

1.25 2 3.15 5 ...

(3) 为扩大数系的范围, 在 R5, R10, R20, R40 的基础上找出公比更多的新系列即派生系列。如: R10/3 表示从基本系列 R10 中以 1 为下限项, 每经三项选取优先数值, 组成派生系列, 其值如下:

1, 2, 4, 8, 16, 31.5, ...

同理, 有派生系列 R5/3, R10/6, R20/8, R40/7, 等等。选择派生系列时, 同样应优先选用 R5 派生系列, 然后是 R10, R20, R40 的派生系列。

1.3.4 优先数系的应用实例

(1) 用于产品几何参数系列化。如立式车床主轴直径采用 R10 系列: 630, 800, 1000, 1250, 1600mm。

(2) 用于产品性能参数系列化。如锻压机床吨位采用 R5 系列: 630, 1000, 1600, 2500, 4000, 6300T。

(3) 用于产品质量指标分级。如表面粗糙度评定参数 R_z 采用 R10/3 派生系列。

(4) 国外把优先数系应用于经济领域, 如税率、工资级别、投资时间等。选用优先数系应遵循“先疏后密”的原则, 即由 R5 $\rightarrow$ R10 $\rightarrow$ R20 $\rightarrow$ R40 逐步选取。既可达到最佳经济效益, 又可满足社会的需求。

思考与练习

1. 什么是互换性? 互换性在机械制造中有何作用?
2. 互换性的种类有哪些? 各应用于何种场合?
3. 什么是标准和标准化?
4. 什么是优先数系, 优先数?
5. 写出下列派生系列自 1 以后的五个优先数: R5/3, R10/2, R20/5, R40/5。
6. 举出一个采用优先数系的例子。

第2章 测量技术基础

2.1 测量技术概述

1. 测量

测量是指为确定被测对象量值而进行的一组操作。

测量由来已久，无处不在。从人类最初认识物质世界时就有了测量。远古时代人们丈量土地，建造房屋，量布称物。那时的测量工具和测量手段受到时代的限制，是比较落后的，测量的精度也是很粗糙的。随着时代的不断进步，测量工具和方法在不断的改进和提高。如今测量技术已发展成为一门多学科的综合技术，许多现代化的测量仪器融光机电高新技术于一体。特别是激光技术的发展可使用光波波长作为基准进行测量，精度可达 $0.01\mu\text{m}$ 。迅猛发展的计算机技术在测量领域得到广泛应用，使得许多复杂的数据处理变得轻而易举，并可控制测量程序实现动态在线测量。

在这些众多种类的测量过程中，人们所进行的操作实际上是将被测量与一个作为计量单位的标准量进行比较而得出其比值的过程。这个过程可用下述式子表示：

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

式中 L ——被测量。作为测量对象的特定量，可以是测得的量，也可以是待测的量。

E ——计量单位。用以度量同类量大小的一个标准量。计量单位的选取要具有可复现性，具备现代科学技术所能达到的最高准确度和稳定性。通常它是一个固定的量，数值为 1。

q ——测得值。测量过程的定量结果。

例如：某一被测长度 L ，与毫米（mm）作单位的 E 进行比较，得到的比值 q 为 10.4，则被测量长度 $L=10.4\text{mm}$ 。

在实施测量的过程中，所涉及的被测量、计量单位、测量方法（指测量时采用的方法、使用的计量单位、测量环境等）和测量精度等四个方面，习惯上将它们称为测量的四要素。

有时还会遇到“测试”和“检验”等名词术语。所谓“测试”是测量的扩展和外延，它具有试验和研究的性质。而“检验”则是仅仅判断几何参数是否在规定的极限范围内，而不能得出被测量的具体数值。例如用极限量规检验零件。本书主要研究的是几何量测量技术。

2. 长度基准

对被测量进行测量时，为了保证测量的准确性和可靠性，必须在世界范围内建立一个统一可靠、共同遵守的计量单位。在我国将实现单位统一和量值准确可靠的测量称之为计量。

我国于 1984 年颁布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，规定在我国一律采用《中华人民共和国法定计量单位》。其中长度采用了国际单位制，以米（m）作为长度的基本单位。同时采用米的十进倍数和分数的单位。机械工业和仪器仪表专业常使用毫米（mm， $1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$ ），精密测量中常采用微米（ μm ， $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$ ）。



3. 量值传递系统

用光波波长作为长度的基准，其精度是相当高的。但在工程实践和日常生活中不可能用这种基准直接测量工件，必须通过一定的组织措施和技术保证，将长度基准逐级传递到各种计量器具，以适应不同测量任务的需要。

量值传递就是通过对计量器具的检定或校准，将国家基准（标准器）所复现的计量单位量值，通过各等级计量标准逐级传递到工作用计量器具，以保证被测对象所得量值的准确和一致。

目前量值传递方式有：采用实物标准逐级传递；发放标准物质；发布标准数据；发放标准信号以及计量质量保证方案（或称 MAP 方案）。图 2-1 是量块传递系统示意图。

在国际范围内，量值传递工作由国际计量局组织进行，对各国的国家计量基准进行检定，以保证在国际范围内量值的准确统一。

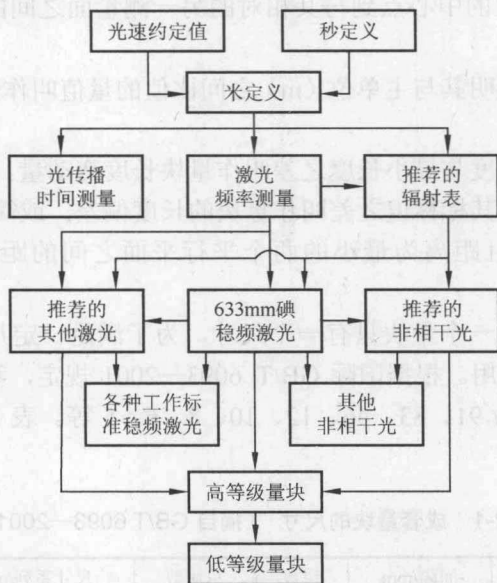


图 2-1 量块传递系统示意图

4. 量块

量块是一种高精度量具，其形状是长方形六面体，如图 2-2a 所示。工作时用两个相互平行的测量面之间的距离进行尺寸测量，因而又叫端面量具。量块是用不易变形、硬度高、耐磨性好的材料经过时效、热处理等复杂工艺制成。

量块六个面中只有两个面是工作面，称之为测量面，其余四个侧面为非工作面。标称长度 $\leq 5.5\text{mm}$ 的量块数码所在的一面为上测量面，相背的一面为下测量面。标称长度 $> 5.5\text{mm}$ 的量块，其上下测量面的规定如图 2-2a 所示。

自量块一个测量面上任意点到与其相对的另一测量面之间的垂直距离叫作量块（测量面上任意点）长度，如图 2-2b 所示。

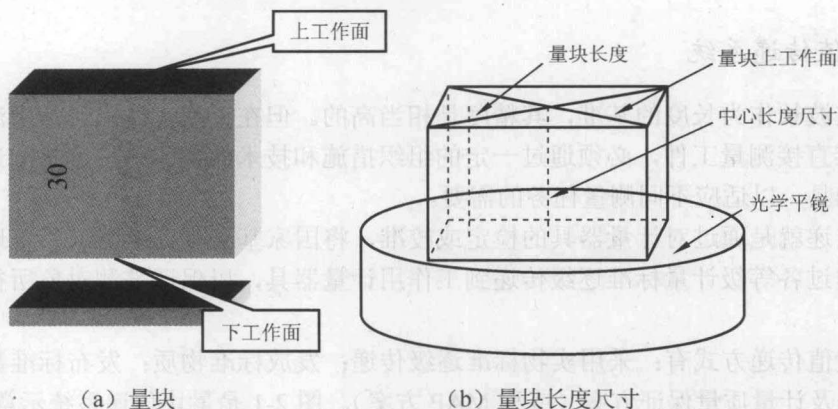


图 2-2 量块及长度尺寸

自量块一个测量面上的中心点到与其相对的另一测量面之间的垂直距离叫作量块的中心长度。

刻印在量块上用以表明其与主单位 (m) 之间比值的量值叫作量块的标称长度, 也称为量块的示值。

量块任意点中最大长度与最小长度之差叫作量块长度变动量。

量块长度的实测值与其标称值之差叫作量块的长度偏差, 或简称偏差。

包容量块测量面而且距离为最小的两个平行平面之间的距离叫作量块测量面的平面度。

量块是定尺寸量具, 一个量块只有一个尺寸。为了满足一定尺寸范围的不同要求, 量块可以利用粘合性组合使用。根据国际 GB/T 6093—2001 规定, 我国成套生产的量块共有 17 种套别, 每套的块数为 91、83、46、12、10、8、6、5 等。表 2-1 所列 83 块和 91 块一套的量块尺寸系列。

表 2-1 成套量块的尺寸 (摘自 GB/T 6093—2001)

总块数	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数	总块数	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数
83	0.5	—	1	91	1.01~1.49	0.01	49
	1	—	1		1.5~1.9	0.1	5
	1.005	—	1		2.0~9.5	0.5	16
	1.01~1.49	0.01	49		10~100	10	10
	1.5~1.9	0.1	5		1.001~1.009	0.001	9
	2.0~9.5	0.5	16		1	—	1
	10~100	10	10		0.5	—	1

在组合量块尺寸时, 为获得较高尺寸精度, 应力求以最少的块数组成所需的尺寸。一般不超过 4~5 块。

例如, 从 83 块一套的量块中选取尺寸为 67.385mm 的量块组, 选取方法为:

67.385 所需尺寸

-1.005 第一块量块尺寸