

极限配合 与测量技术基础

主 编 孔庆华 刘传绍
副主编 马淑梅 许旭萍 杨勇生
主 审 郑桢德



同 济 大 学 出 版 社

本书得到上海汽车工业教育基金会资助

面向新世纪机电类重点系列教材

极限配合与测量技术基础

主 编 孔庆华 刘传绍
副主编 马淑梅 许旭萍 杨勇生
主 审 郑桢德

同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

极限配合与测量技术基础/孔庆华,刘传绍主编. —上海:同济大学出版社,2002.2

ISBN 7-5608-2377-7

I. 极... II. ①孔... ②刘... III. ①公差:配合
②零部件测量 IV. TC801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 097997 号

书 名 极限配合与测量技术基础

作 者 孔庆华 刘传绍 主 编

责任编辑 封 云 责任校对 郁 峰 装帧设计 陈益平

出 版 同济大学出版社
发 行

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂印刷

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 15.75

字 数 400 000

印 数 1—5100

定 价 25.00 元

版 次 2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN7-5608-2377-7/TH · 48

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换

内 容 提 要

本书重点介绍几何量的极限配合与测量技术的基本理论及基本知识。全书内容包括:导论,孔和轴的极限与配合,形状和位置公差与检测,表面粗糙度,互换性标准的应用,测量技术基础,滚动轴承、键、螺纹的互换性,圆柱齿轮的互换性,尺寸链,几何量测量实验共十章。本书按机械工程一级学科的特点精选内容,书中贯彻了有关国际和国内最新标准的主要思想和原则,并安排了各章习题和所需手册方面的资料及几何量测量实验。

本书可作为普通高校机械工程一级学科的主干技术基础课教材,也可供机电结合各专业师生以及有关工程技术人员使用或参考。

前 言

极限配合与测量技术基础是机械工程一级学科各专业的一门主干技术基础课,是联系设计系列和工艺系列课程的纽带,也是架设在基础课、实践教学课和专业课之间的桥梁。其内容主要是标准化和工程计量学有关部分的有机结合,并渗透到市场调研与预测、产品的研发、原材料和标准通用件的采购、零部件的制造与检测、专业化生产的组织协作、产品装配与测试验收、产品的售后与使用等全部生产活动中。与世界逐步接轨的中国,在科技、经贸、工农业生产(尤其是制造业)等方面亟待提高极限与配合及测量技术的水平。

本书是根据教育部关于《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》和近几年来机械工程学科课程指导小组有关的指导思想及全国高校改革的有关精神,结合兄弟院校以及合编院校改革本课程的经验 and 现有教学资源,在分析各种同类教材和最新国家标准的基础上,提高起点,精简内容,以满足机械工程学科的教学为原则,由焦作工学院、上海海运学院、上海出版印刷高等专科学校、同济大学共同编写而成。

作为面向新世纪机械学科的新课程体系中的一门技术基础课的教材,本书在编写时力求使之具有以下特点:

(1) 突出极限与配合及测量技术的基本理论、基本知识,加强常用标准的应用和常用几何量测试基本技能的培养;

(2) 根据机械工程一级学科新课程体系的特点和需要,筛选并精简内容,删除不必要的数学推导过程,精简标准的内容,为学生查找标准、设计手册的自学能力创造条件;

(3) 为了便于自学、教学和应用能力的提高,书中辅以针对性强的实例,并以整章的篇幅介绍互换性的应用。每章末还配备了联系实际的习题。

(4) 注重实践教学,将几何量测量实验集中安排在本书的第十章。实验内容启发师生要花大力气改革目前的实验方法,真正提高学生的实验水平和技能,培养学生科学思维方法与解决实际问题的能力;

(5) 在导论中,力求简明而适当地介绍了互换性、标准化,优先数和优先数系,极限与配合及技术测量基础、课程研究的对象和基本特点及要求等背景,以激发学生的求知欲和学习兴趣;

(6) 全书内容丰富、概念清楚、资料翔实,极限与配合一律采用最新国家标准。根据各专业对本课程的不同要求,可对书中内容作适当取舍。本书适合机械工程、机电结合类专业和成人教育相关专业等新课程体系的基本教材,也可供从事机械制造设计、机电一体化、计量测试、检验人员参考。

本课程的实践性和综合性极强。教师应将单纯为学生讲授知识转变为对他们的能力、素质的培养,并尽量以学生为中心;学生应将立足点转移到自主学习能力、动手能力和创新能力的培养上,这样便不难达到本课程的基本教学要求。此外,学好本课程,还需要通过生产实习、课程设计、毕业设计、实验教学等环节不断地应用、巩固和加深。

本书的编者为:孔庆华(内容提要、目录、前言、第一章、第十章),杨勇生(第二章、第五

章),刘传绍、孔庆华(第三章、第八章),马淑梅(第四章、第六章),许旭萍(第七章、第九章)。全书由孔庆华统稿、郑桢德审阅。祝振广、戈辉英、焦峰、刘溯、汤旭东完成全书的插图扫描、表格制作、文字输入等工作。

本书在策划、编写及出版过程中,得到合编院校的教务处和机械院、系有关部门、任课教师的大力支持;得到有关专家学者、兄弟院校及合编院校同行的热忱指教。此外,本书在编写中还引用了部分标准和技术文献资料。在此,对上述单位和人员一并表示衷心感谢。

欢迎读者批评指正。

作 者

2001 年 11 月于同济大学

目 录

前言

1 导论	(1)
1.1 制造业中的互换性	(1)
1.2 标准与标准化	(3)
1.3 优先数与优先数系	(5)
1.4 极限配合与测量技术的发展概况	(7)
1.5 课程研究的对象和基本特点及要求	(8)
习题	(9)
参考文献	(9)
2 孔和轴的极限与配合	(10)
2.1 概述	(10)
2.2 术语和定义	(11)
2.3 标准公差系列	(17)
2.4 基本偏差系列	(20)
2.5 常用和优先用公差带与配合	(26)
2.6 线性尺寸的未注公差	(29)
2.7 大尺寸孔和轴的极限与配合	(30)
习题	(32)
参考文献	(33)
附表	(34)
3 形状和位置公差与检测	(41)
3.1 概述	(41)
3.2 形位公差的标注	(43)
3.3 形位公差带	(49)
3.4 形位误差评定及其检测	(63)
3.5 形位误差的检测原则	(71)
习题	(73)
参考文献	(76)
4 表面粗糙度	(77)
4.1 概述	(77)

4.2	表面粗糙度对产品质量的影响	(77)
4.3	表面粗糙度的评定	(78)
4.4	表面粗糙度的图样标注	(82)
4.5	表面粗糙度的检测	(84)
	习题	(85)
	参考文献	(85)
5	互换性标准的应用	(86)
5.1	概述	(86)
5.2	极限与配合的选用	(86)
5.3	公差原则及其应用	(95)
5.4	形位公差的选择	(108)
5.5	表面粗糙度的选择	(112)
5.6	综合应用举例	(114)
	习题	(117)
	参考文献	(119)
	附表	(120)
6	测量技术基础	(122)
6.1	概述	(122)
6.2	基准与量值传递	(122)
6.3	计量器具与测量方法	(124)
6.4	测量误差和数据处理	(126)
6.5	等精度测量列的数据处理	(131)
6.6	计量器具的选择	(138)
	习题	(146)
	参考文献	(146)
7	滚动轴承、键和螺纹的互换性	(147)
7.1	概述	(147)
7.2	滚动轴承的互换性	(147)
7.3	键的互换性	(153)
7.4	螺纹的互换性	(159)
7.5	螺纹的检测	(174)
	习题	(176)
	参考文献	(177)
8	圆柱齿轮的互换性	(178)
8.1	概述	(178)

8.2	齿轮传动的使用要求	(178)
8.3	圆柱齿轮的误差分析及评定参数	(179)
8.4	齿轮副的误差及其评定指标	(191)
8.5	渐开线圆柱齿轮精度标准的应用	(193)
	习题	(202)
	参考文献	(203)
9	尺寸链	(205)
9.1	基本概念	(205)
9.2	完全互换法解尺寸链	(208)
9.3	大数互换法解尺寸链	(213)
9.4	解尺寸链的其他方法	(216)
	习题	(220)
	参考文献	(220)
10	几何量测量实验	(221)
10.1	孔和轴的测量	(221)
10.2	表面粗糙度的测量	(223)
10.3	螺纹的测量	(228)
10.4	齿轮的测量	(232)
	参考文献	(239)

1 导 论

1.1 制造业中的互换性

1.1.1 互换性概念

现代化生产的产品,都是由众多专业化企业协作生产完成的。以普通型桑塔纳(SANTANA)轿车(见图1-1)为例,全车 2500 多个零部件分别由 320 多家专业工厂配套生产。而上海大众汽车有限公司仅生产发动机和车身及完成汽车的组装。在装配线上需将来自各个专业工厂的各种零、部件迅速组装成符合标准的普通型桑塔纳轿车,这就要求所有的零部件必须符合各自的技术性能指标。这种由不同专业工厂、不同工装设备条件、不同人员生产的零部件,可不经选择、修配或调整,就能装配成合格的产品,称这种零部件具有互换性。能够保证产品具有互换性的生产,便称之为遵循互换性原则的生产。由此不难定义,制造业中的互换性是指按规定的几何、物理及其他质量参数的公差,制造技术装备的各个组成部分,使其在装配和互换时,无需辅助加工和修配便能很好地满足使用和生产上的要求。手表、自行车、电视机等小家电中的零部件都具有互换性,若有损坏,只需换一个新的零部件即可正常使用。显然,制造业中的互换性表现为对技术装备上的零部件在生产、使用、维修过程中不同阶段的要求,即装配前无需选择、装配时无需修配或调整、装配后能满足设计、使用和生产上的要求。

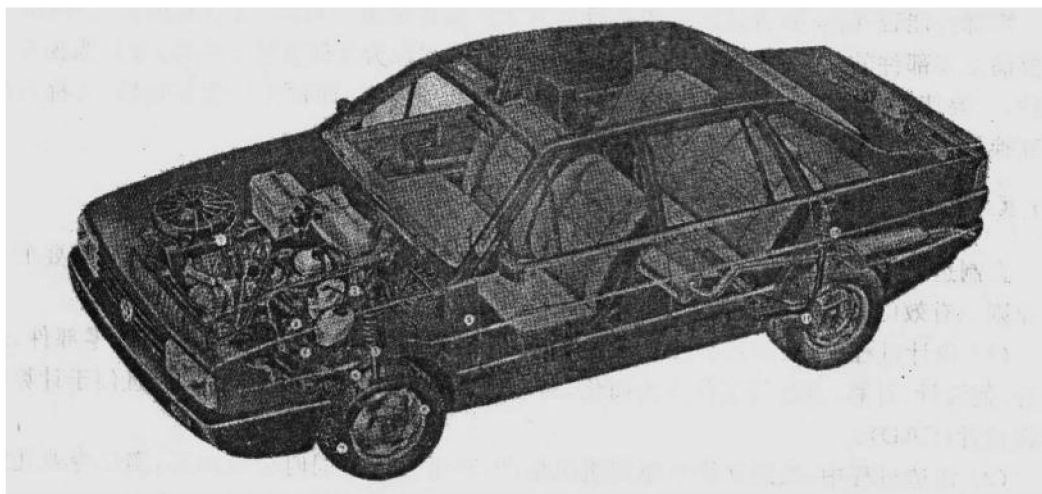


图 1-1 普通型桑塔纳轿车

互换性不仅与零部件的装配性能有关,而且涉及设计、制造及使用等技术经济问题。

1.1.2 互换性的分类

按照零部件互换性的程度,互换性可分为:

(1) 完全互换 指同一规格的零部件在装配或更换时,不需要挑选和修配,装配后就能满足使用要求的互换性。一般标准件,如螺钉、螺母、滚动轴承的内、外圈、齿轮等都具有完全互换性,适合专业化生产和装配。

(2) 不完全互换 指产品装配精度要求较高时,若采用完全互换,将使零件尺寸公差较小,造成加工困难、成本高、生产率低,甚至无法加工。此时,为了加工方便,可放宽零件尺寸公差。待加工后,将零件按尺寸大小分为若干组,使每组零件之间的实际尺寸差别减小,装配时则按相应组进行。如此,方便了加工,又满足了装配精度和使用要求,将零件仅仅在同组内互换,不同组不可互换,称为不完全互换或有限互换。如滚动轴承的内、外圈与滚珠间的互换性,通常采用分组装配,为不完全互换。

按照互换性用于标准部件或机构内部和外部,互换性可分为:

(1) 外互换 指部件或机构与其相配件之间的互换性。如滚动轴承内圈的内径与轴径的配合,外圈的外径与机座孔的配合。一般,外互换用于厂外协作件的配合和使用中需要更换的零件及与标准件配合的零件。

(2) 内互换 指部件或机构内部零件之间的互换性。如滚动轴承的内、外圈和滚珠为部件内部零件之间的配合。内互换一般装配精度要求高,在厂内组装、使用中不再更换内部零件。

通常,滚动轴承的外互换采用完全互换,其内互换由于组成零件的精度要求较高,应采用不完全互换。对于厂外协作件,即使是单件或小批量生产,也应采用完全互换;对于部件或机构制造厂内部的装配应采用不完全互换。具体采用何种互换,应由产品精度要求、复杂程度、生产纲领、工装设备、使用要求、技术水平等因素,综合考虑设计确定。

零部件能否互换,要看装配成产品后是否达到使用要求。因此,具有互换性的零部件,一要满足零部件的几何参数达到零部件结合的要求,即称为几何参数互换性,又称为狭义互换性;二要使零部件的力学和化学性能满足产品的功能要求,即称为功能互换性,又称为广义互换性。本书主要讨论零件几何参数的互换性。

1.1.3 互换性的作用

在制造业中,互换性在设计、制造、装配、使用等方面至关重要,已成为制造业重要的生产原则和有效的技术措施。其重要作用表现在以下几个方面:

(1) 设计过程中,按照互换性要求设计产品,最适合选用具有互换性的标准零部件、通用件,使设计、计算、制图等工作大为简化,缩短设计周期,加速产品更新换代,且便于计算机辅助设计(CAD)。

(2) 制造过程中,按照互换性原则组织生产,各个工件可同时分别加工,实现专业化协调生产,便于计算机辅助制造(CAM),以提高产品质量和生产率,降低制造成本。

(3) 装配过程中,由于零部件具有互换性,可提高装配质量,缩短装配周期,便于实现装配自动化,提高装配生产率。

(4) 使用过程中,由于零部件具有互换性,若零部件磨损,可方便地用备件替换,可缩短修理时间,节约修理费用,提高修理质量,延长使用寿命。尤其对重、大型技术装备和军用品的修复,具有互换性的零部件更具有重大意义。

随着科学技术的发展,现代制造业已由传统的生产方式发展到利用数控技术(NC, CNC)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助制造工艺(CAPP)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等进行现代化生产。这些先进制造技术无一不对互换性提出严格的要求,也无一不遵循互换性原则。所以,互换性是现在和今后生产上不可缺少的生产原则和有效的技术措施。

1.1.4 互换性的实现

在制造业实现互换性,就要严格按照统一的标准进行设计、制造、装配、检验等。因为现代制造业分工细、生产规模大、协作工厂多、互换性要求高,因此,必须严格按标准协调各个生产环节,才能使分散、局部生产部门和生产环节保持技术统一,使之成为一个有机的生产系统,以实现互换性生产。

1.2 标准与标准化

1.2.1 标准

标准是指根据科学技术和生产经验的综合成果,在充分协商的基础上,对技术、经济和相关特征的重复之物,由主管机构批准,并以特定形式颁布统一的规定,作为共同遵守的准则和依据。本课程涉及的技术标准多为强制性标准,必须贯彻执行。

(1) 标准的分类

标准的种类繁多,从不同角度可对标准进行不同的分类,习惯上将标准分为三类:技术标准、管理标准和工作标准。本书仅介绍技术标准。

技术标准是指作为科研、设计、制造、检验和工程技术、产品、技术设备等制定的标准,其面广、种类繁多,一般可归纳为以下几种:

1) 基础标准 指技术生产活动中最基本、最具有广泛指导意义的标准。也是最具有一般共性、通用性的标准。如机械制图、法定计量单位、优先数系、表面粗糙度、极限与配合和通用的名词术语等标准,本课程主要涉及的是基础标准。

2) 产品标准 对产品的类型、尺寸、主要性能参数、质量指标、试验方法、验收规则、包装、运输、使用、贮存、安全、卫生、环保等制定的标准。如仪器、仪表和农用柴油机,都有不同的具体的产品标准。

3) 方法标准 指对试验、检验、分析、统计、测量等对象所制定的标准。如机械零件的测量方法、内燃机的台架试验方法、药品成分的检验方法等标准。

4) 安全卫生与环保标准 指关于技术设备、人身安全、卫生、环保方面的标准。

(2) 标准的管理体制

我国技术标准有国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个层次:

1) 国家标准(GB) 是对全国技术、经济发展有重大意义又必须制定的全国范围内统一的标准。如要在全国范围内统一的名词术语、基础标准,基本原材料、重要产品标准,基础

互换性标准,通用零部件和通用产品的标准等。

2) 行业标准(原部颁标准或行业标准) 主要指全国性的各专业范围内统一的标准。如原石油工业部的石油标准(SY)、原机械工业部的机械标准(JB)、原轻工业部的轻工标准(QB)等。

3) 地方标准 指省、直辖市、自治区制定的各种技术经济规定。例如,“沪 Q”、“京 Q”分别表示上海、北京的地方企业标准。

4) 企业标准(QB) 指未制定国标、部标的产品应制定企业标准。通常鼓励企业标准严于国家标准或行业标准,以提高企业的产品质量。

(3) 国际标准

为了便于国际间的物流,扩大文化、科学技术和经济上的合作,在世界范围内促成标准化工作的发展,1947年2月23日,国际上成立了国际标准化组织(简称ISO),其主要活动是负责制定国际标准,协调世界范围内的标准化工作与传播交流信息,与其他国际组织合作,共同研究相关问题。ISO是一个世界范围的国家级标准化组织(ISO成员)的联合会,国际标准的制定工作由ISO各技术委员会进行。每个成员组织,对某一主题的技术委员会感兴趣,就有权参加该委员会工作,其他与ISO协作的政府间或非政府间的国际组织也可以参加工作。ISO与IEC(国际电工委员会)在所有有关电工技术标准化的内容上进行密切合作。由技术委员会提出的国际标准草案,散发给各成员组织、由各成员组织投票表决,至少需要75%的赞成票才能作为国际标准公布。由于国际标准集中反映了众多国家的现代科技水平,并考虑国际技术交流和贸易的需要,我国于1979年恢复参加了ISO组织,并提出:坚持与国际标准统一协调;坚持结合国情;坚持高标准、严要求、促进技术进步的三大原则,在国际标准的基础上修订或制定了各项国家标准。

目前,我国采用国际标准的方式有:①等同采用,即国家标准的技术、内容完全与国际标准相同,且编写与国际标准相当;②等效采用(EQV),即在技术内容上国家标准与国际标准完全相同,仅在编写上不完全与国际标准相同;③不等效采用(NEQ),即在技术上国家标准与国际标准不相同。目前,我国已加入国际世贸组织(WTO),因此,在技术、经济上采用国际标准会有明显的发展,其结果必将有力地促进我国科学技术的进步,进一步扩大改革开放、开拓国际市场、增强国际市场的竞争力。

1.2.2 标准化

标准化的定义是,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。可见,标准化不是一个孤立的概念,而是一个包括制定、贯彻、修订标准,循环往复、不断提高的过程。在此过程中,贯彻标准是核心环节,相反,标准化便失去应有的意义。

各国经济发展的过程表明,标准化是实现现代化的重要手段之一,也是反映现代化水平的重要标志之一。随着科技和经济的发展,我国的标准化工作日益提高,在发展产品种类、组织现代化生产、确保互换性、提高产品质量、实现专业化协作生产、加强企业科学管理和产品售后服务等方面发挥了积极的作用,推动了技术、经济和社会的发展。

标准化是组织现代化生产的一个重要手段,是实现专业化协调生产的必要前提,是科学管理的重要组成部分。同时,它又是联系科研、生产、物流、使用等方面的纽带,是社会经济

合理化的技术基础,还是发展经贸、提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。此外,在制造业,标准化是实现互换性生产的基础和前提。总之,标准化直接影响科技、生产、管理、贸易、安全卫生、环境保护等诸多方面,必须坚持贯彻执行标准,不断提高标准化水平。

1.3 优先数与优先数系

产品无论在设计制造,还是在使用中,其规格、零件尺寸大小、原材料的尺寸大小、公差大小、承载能力和速度、工作环境及所用设备、刀具、检具的尺寸等性能与几何参数,都要用数值表示。而产品的数值具有扩散传播性。例如,复印机的规格与复印纸的尺寸有关,复印纸的尺寸,则取决于书刊、杂志的尺寸,复印机的尺寸又影响造纸机械、包装机等的尺寸。又如,某一尺寸的螺栓会扩散传播出螺母尺寸、制造螺栓的刀具(丝锥、板牙、滚丝轮等)尺寸、检验螺栓的量具尺寸、安装刀具的工具、工件螺栓孔的尺寸等。由此可见,产品技术参数数值的选取不可随意,不然会造成产品规格繁杂,直接影响生产过程、产品质量及生产成本。生产实践表明,对产品技术参数合理分档、分级,对产品技术参数进行简化、协调统一,必须按照科学、统一的数值标准,即优先数和优先数系。

优先数和优先数系是一种科学的数值制度,适合各种数值的分级,也是国际上统一的数值分级制度。优先数是优先数系中的任一个数值,其理论值一般都是无理数。

目前,我国数值分级标准(GB/T321-1980)采用了十进制等比数列为优先数系(与国际标准相同),采用优先数系可使制造业以较少、合理的产品品种和规格,经济而合理地满足用户的各种要求;而且也适宜制定标准,适宜标准制定前的规划、设计等工作,从而引导产品品种的发展进入科学的标准化轨道。

国家标准规定了按五个公比形成的五个优先数系,分别用符号 R5, R10, R20, R40 和 R80 表示。其中,前四个数系为基本系列,最后一个为补充系列(仅在参数分级很细、基本系列不能适应实际需要时才考虑采用)。五个公比分别如表 1-1 所示。

表 1-1 优先数系的公比

优先数系	公 比
R5	$\sqrt[5]{10} \approx 1.60$
R10	$\sqrt[10]{10} \approx 1.25$
R20	$\sqrt[20]{10} \approx 1.12$
R40	$\sqrt[40]{10} \approx 1.06$
R80	$\sqrt[80]{10} \approx 1.03$

十进制要求数系中包括 $1, 10, 100, \dots, 10^n$ 和 $1, 0.1, 0.01, \dots, 10^{-n}$ 等数。其中, n 为整数。数列中 $1 \sim 10, 10 \sim 100, 100 \sim 1000, \dots, 1 \sim 0.1, 0.1 \sim 0.01, \dots$ 称十进区间,每个十进区间的项数相等,相邻区间对应项的数值只是扩大或缩小十倍。这样,对简化工程计算有利。例如,大于 $1 \sim 10$ 的区间(见表 1-2) R5 系列为 1.6, 2.5, 4.0, 6.3, 10, 有五个优先数; R10 系列为在 R5 系列中插入 1.25, 2.00, 3.15, 5.00, 8.00, 共十个优先数。在 R5 系列中插入比例中项 1.25, 即可得到 R10 系列; R5 系列的各项数值包含在 R10 系列之中。同理, R10 系列的各项数值包含在 R20 系列中, R20 系列的各项数值包含在 R40 系列中, R40 系列的各项数值包含在 R80 系列中。

优先数系在各种标准中使用。例如,在大于 500~3150mm 尺寸段的公差标准尺寸分阶段中,采用了 R10 系列,即 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150。此外,由于生产的需要,优先数系还有派生系列和复合系列。前者指从某系列中按一定项差取值所构成的系列,如 R10/3 系列,即在 R10 系列中按每隔三项取一项的数列,其公比为

$R_{10}/3 = (\sqrt[10]{10})^3 = 2$, 如 1, 2, 4, 8, …; 1.25, 2.5, 5, 10, … 等等。后者是指由若干等比系列混合构成的多公比系列, 如 10, 16, 25, 35.5, 50, 71, 100, 125, 160 数列, 分别由 R5, $R_{20}/3$ 和 R10 三种系列的混合系列。例如, 在表面粗糙度标准中规定的取样长度分段就是采用 R10 系列的派生数系 $R_{10}/5$, 即 0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8.0, 25。

优先数的理论值一般都是无理数, 实际应用时有困难。表 1-2 中的计算值为五位有效数, 可作为工程上精确的计算。对计算值作圆整, 保留三位有效数的称常用值, 即优先数中优先的含义。优先数的化整值对计算值的相对误差较大, 一般不宜采用, 在产品设计时, 对主要尺寸和参数必须采用优先数。通常, 机械产品的主要参数按 R5 和 R10 系列; 专用工具的主要尺寸按 R10 系列; 通用零件和工具及通用型材的尺寸等按 R20 系列。

表 1-2 优先数基本系列

基本系列(常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.0000
		1.12	1.06	1.0593
			1.12	1.1220
			1.18	1.1885
		1.25	1.25	1.2589
	1.25	1.40	1.32	1.3335
			1.40	1.4125
			1.50	1.4962
		1.60	1.60	1.5849
			1.70	1.6788
1.60	1.60	1.80	1.80	1.7783
		2.00	1.90	1.8836
			2.00	1.9953
			2.12	2.1135
	2.00	2.24	2.24	2.2387
			2.36	2.3714
			2.50	2.5119
		2.80	2.65	2.6607
			2.80	2.8184
			3.00	2.9854
2.50	2.50	3.15	3.15	3.1623
		3.55	3.35	3.3497
			3.55	3.5481
			3.75	3.7584
	3.15	4.00	4.00	3.9811
			4.25	4.2170
			4.50	4.4668
		5.00	4.75	4.7315
			5.00	5.0119
			5.30	5.3088
4.00	4.00	5.60	5.60	5.6234
			6.00	5.9566
			6.30	6.3096
	5.00	7.10	6.70	6.6834
			7.10	7.0795
			7.50	7.4989
		8.00	8.00	7.9433
			8.50	8.4140
			9.00	8.9125
		9.50	9.50	9.4405
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

1.4 极限配合与测量技术的发展概况

1.4.1 极限与配合标准的发展概况

19 世纪初,资本主义机器大工业生产迅速发展。由于需要扩大互换性生产的规模和控制机器备件的供应,要求在工厂内部制定统一的公差与配合标准。于是,英国伦敦以生产剪羊毛机为主的纽瓦(Newall)公司率先制定和颁布了几何尺寸公差的“极限表”,成为世界上最早的公差制。

之后,英国于 1906 年和 1924 年颁布了国家标准(B. S. 164 和 B. S. 164);美国于 1925 年出版了包括公差制的国家标准(A. S. A. B4a)。这些标准被看作是国际上初期的公差标准。德国的国家标准是在英、美初期公差制的基础上发展起来的。它采用了基孔制和基轴制,并提出了公差单位的概念,规定了 20℃ 为标准温度,将精度等级与配合分开。前苏联于 1929 年也颁布了“公差与配合”标准。

随着科技、生产和国际交流的发展,1926 年成立了国际标准化协会(ISA)。其中,第三技术委员会(ISA/TC3)负责制定公差与配合。德国为秘书国。在总结了 DIN(德国)、AFNOR(法国)、BSS(英国)、SNV(瑞士)等国家标准的基础上,于 1932 年提出了国际标准化协会 ISA 的议案,1935 年公布了国际公差制 ISA 的草案,1940 年才正式颁布国际公差与配合标准。第二次世界大战以后,1947 年 2 月国际标准化协会重新组建并改名为国际标准化组织(ISO),仍由第三技术委员会(ISA/TC3)负责制定公差与配合标准。法国为秘书国。在 ISA 公差制的基础上,制定了新的 ISO 公差与配合标准。此后,又相继制定了一系列标准,构建成现行的国际公差标准。其主要标准有:ISO/R1938-1971《光滑工件的检验》、ISO/R286-1962《极限与配合制》、ISO/R773-1969《长方形及正方形平行键及键槽》、ISO/R1101-I-1969《形状和位置通则、符号和图样标注法》、ISO68-1973《紧固联接的圆柱螺纹标准》、ISO1328-1975《平行轴圆柱齿轮精度制》、ISO468-1982《表面粗糙度标准》等。

旧中国,工业落后,无统一的公差标准。虽然于 1944 年颁布过中国标准(CIS),其内容完全套用 ISA 标准,且并未贯彻执行。新中国成立后,随着社会主义建设的蓬勃发展,在借鉴一些国家在公差标准方面的经验之后,于 1955 年由原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国家标准 GB159~174-59《公差与配合》。接着又陆续制定了各种结合件、传动件、表面形状和位置公差及表面光洁度等标准。1979 年,我国恢复参加了 ISO 组织,并参照国际标准逐步修订了极限与配合等各项国家标准,使之适应我国工业不断发展的水平。随着我国四化建设和改革开放,特别是加入世贸组织(WTO)后,国际交流和全球化经济竞争日益加强,可以预见,极限与配合标准将会发挥更大的作用。

1.4.2 测量技术的发展概况

最早的公制长度单位米,是 1791 年由法国政府决定,以通过巴黎的地球子午线的四千万分之一为长度单位米,并制成一米的基准尺,而成为世界上最早的米尺。尔后,于 1889 年在第一届国际计量大会上规定,以用铂铱金制成的具有刻度线的基准尺作为国际米原器。

由于科技的发展,于1960年在第十一届国际计量大会上规定,采用氪的同位素 K_{80} 在真空中的波长定义米。后来,又于1983年第十七届国际计量大会上通过了以光速作为米的新定义,即目前所使用的公制长度单位米。长度基准的发展,导致测量器具的不断改进。自德国于1926年制造出小型工具显微镜和1927年生产万能工具显微镜起,几何量测量技术便随着生产的发展而不断进步。例如,测量精度从0.01mm提高到0.001mm,0.1 μ m,0.01 μ m甚至更高;测量范围由工具显微镜的两维空间发展到三坐标测量仪的三维空间;测量的尺寸范围从飞机机架到集成元件上的刻线;测量的自动化程度更是从人工对准、刻度尺读数发展到自动对准、计算机采集数据处理、自动显示、自动打印结果等等。

旧中国,没有计量仪器制造工厂。新中国成立后,随着科技和工业生产的发展,很快建造了一批量仪制造厂,分布在全国各大城市,成批生产诸如工具显微镜、干涉显微镜、三坐标测量仪、齿轮单啮仪、电动轮廓仪、接触式干涉仪、双管显微镜、立式光较计等仪器。同时,在计量科学研究和计量管理方面,国家投入大量的人力和物力,成立了完整的计量研究、制造、管理、鉴定、测量体系,并取得了令人瞩目的成绩。如于1962~1964年建立了 K_{86} 长度基准,接着又先后制成激光光电光波比长仪、激光量块干涉仪、激光二坐标测量仪,使我国的线纹尺和量块的测量技术达到世界先进水平。我国小批生产的光栅丝杠动态检查仪和光栅式齿轮全误差测量仪等,也都进入了世界先进行列。随着我国科技的发展和综合国力的不断增强,计量工程技术将全面达到世界先进水平。

1.5 课程研究的对象和基本特点及要求

1.5.1 课程的研究对象

极限配合与测量技术基础,是机械工程一级学科各专业的一门主干技术基础课,它将机械设计和制造工艺系列课程紧密地联系起来,成为架设在技术基础课、专业课和实践教学课之间的桥梁。其主要研究对象是如何进行几何参数的精度设计,即如何通过有关的国家标准,合理解决产品使用要求与制造工艺之间的矛盾,以及如何运用质量控制方法和测量技术手段,保证有关的国家标准的贯彻执行,以确保产品质量。精度设计是从事产品设计、制造、测量等工程技术人员所必须具备的能力。

1.5.2 课程的基本特点

本课程由“极限与配合”和“测量技术”两部分有机地组成。前者属标准化范畴,主要研究几何参数的精度设计;后者属工程计量学范畴,主要研究几何量测量技术的基本原理、测量方法和测量误差及数据处理。此外,本课程从“精度”或“误差”的观点出发,研究零部件几何参数的互换性。因此,本课程的特点是:概念性强,定义、术语多,涉及面广,符号、代号多,标准规定多,实践性强,对具体工程存在标准原则和合理应用的矛盾等。鉴于此,更要讲究教学方法,提高教与学的效果。

1.5.3 课程的基本要求

本课程旨在培养学生获得产品精度设计和质量保证的基本理论、知识和技能,为进一步应用极限与配合标准和控制产品质量奠定基础,其基本要求如下: