



“十三五”普通高等教育本科规划教材

极限配合与 测量技术基础

赵 武 主 编
赵明利 张昌娟 李 新 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

极限配合与 测量技术基础

常州大学图书馆
藏书章

主 编 赵 斌
副主编 赵明利 张昌娟 李 新
编 写 郑建新 高爱华 曲海军 郭 强
主 审 万书亭



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。全书共分11章,内容包括:概述,孔和轴的极限与配合,几何公差与检测,表面粗糙度,尺寸链,圆锥的公差配合与测量,滚动轴承、键和螺纹件的互换性,渐开线圆柱齿轮传动的互换性,测量技术基础,光滑极限量规,几何量测量实验。

本书可作为本科院校机械类专业的教材,也可供高职高专院校相关专业及从事机械设计与机械制造的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

极限配合与测量技术基础/赵武主编. —北京:中国电力出版社, 2017. 8

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5198-0829-7

I. ①极… II. ①赵… III. ①公差—配合—高等学校—教材 ②技术测量—高等学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第148671号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:周巧玲(010-63412539)

责任校对:李楠

装帧设计:张娟

责任印制:吴迪

印 刷:航远印刷有限公司

版 次:2017年8月第一版

印 次:2017年8月北京第一次印刷

开 本:787毫米×1092毫米 16开本

印 张:18

字 数:439千字

定 价:40.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

前 言

极限配合与测量技术基础是机械工程一级学科（机械类专业）的一门主干技术基础课，既是关联基础课、实践课和专业课之间的桥梁，也是联系设计和工艺系列课程的纽带。极限配合与测量技术基础主要是研究标准化和工程计量学有关内容。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，综合编者多年授课经验和本科教学特点，根据最新国家标准的基础上编写而成的。本书以满足机械工程学科的教学为原则，提高起点、精简内容，理论联系实际，编写过程注重结合实践应用范例。

基于本课程的特点，教师在讲授过程中，要转变观念，以学生为主体，变传授知识为培养学生思考问题的能力和动手能力等综合专业素养；学生也应将立足点转移到自主学习和增强实践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，学好本门课程，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实践、巩固和加深。

本书的编写特点如下：

（1）突出配合及测量的基本理论、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，精简标准内容。利于学生养成查找标准、设计手册的习惯。

（3）为便于检验学习效果，书中除辅以针对性强的实例，还在每章后面配备了联系实际的习题。

（4）全书内容丰富，概念清楚，资料翔实。基本做到了相近概念辨析、讲解全面、贯标彻底、精选重点、联系实际。

本书由河南理工大学赵武任主编，赵明利、张昌娟、李新任副主编。本书的编者及编写分工如下：赵武（前言、第 9 章），张昌娟（第 1 章、第 3 章、第 4 章），郑建新（第 5 章），李新（第 6 章、第 8 章、第 10 章、第 11 章），赵明利（第 2 章、第 7 章），高爱华、曲海军、郭强参与了本书的资料收集和整理工作。

本书由华北电力大学万书亭教授主审，并提出了宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中，得到有关部门和相关专家学者、兄弟院校同行的热忱指导，在此一并表示感谢。同时感谢本校研究生张铁恒和李冲在资料整理和录入等方面的辛勤付出。

由于编者水平所限，本书难免有所疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2017 年 5 月

目 录

前言

第 1 章 概述..... 1

1.1 互换性简介 1

1.2 标准与标准化 4

1.3 优先数与优先数系 6

1.4 产品几何量技术规范 (GPS) 与几何量检测 9

1.5 课程的研究对象、基本特点及要求..... 10

习题 10

第 2 章 孔和轴的极限与配合 12

2.1 概述..... 12

2.2 术语和定义..... 14

2.3 标准公差系列..... 23

2.4 基本偏差系列..... 28

2.5 常用和优先用公差带与配合..... 37

2.6 一般公差线性 and 角度尺寸的未注公差..... 39

2.7 极限与配合的选用..... 41

2.8 大尺寸、小尺寸公差与配合..... 49

习题 51

第 3 章 几何公差与检测 53

3.1 概述..... 53

3.2 几何公差的标注..... 57

3.3 几何公差带..... 63

3.4 公差原则..... 78

3.5 几何公差的选择..... 89

3.6 几何误差的评定与检测原则..... 98

习题..... 103

第 4 章 表面粗糙度..... 107

4.1 概述 107

4.2 表面粗糙度对产品质量的影响 108

4.3 表面粗糙度的评定 109

4.4 表面粗糙度的标注 113

4.5 表面粗糙度的选用 117

习题..... 121

第5章 尺寸链	122
5.1 尺寸链的基本概念	122
5.2 尺寸链的常用求解方法	125
5.3 保证装配精度的其他尺寸链解法	135
习题	140
第6章 圆锥的公差配合与测量	142
6.1 圆锥与圆锥配合	142
6.2 圆锥公差及其应用	147
6.3 圆锥角和锥度的测量	150
习题	154
第7章 滚动轴承、键和螺纹件的互换性	155
7.1 滚动轴承的互换性	155
7.2 键的互换性	164
7.3 螺纹的互换性	173
习题	185
第8章 渐开线圆柱齿轮传动的互换性	187
8.1 概述	187
8.2 齿轮的加工误差	190
8.3 圆柱齿轮误差项目及检测	193
8.4 齿轮及齿轮副制造的精度设计	207
习题	223
第9章 测量技术基础	224
9.1 测量技术的基本知识	224
9.2 被测量在测量过程中的变换	232
9.3 测量误差与测量数据处理	241
9.4 测量精度的分类	249
9.5 测量列的数据处理	250
习题	253
第10章 光滑极限量规	255
10.1 光滑极限量规概述	255
10.2 量规尺寸公差带	257
10.3 工作量规设计	259
习题	261
第11章 几何量测量实验	262
11.1 孔、轴的测量	262
11.2 表面粗糙度的测量	265
11.3 螺纹的测量	268
11.4 齿轮的测量	271
参考文献	280

第1章 概 述

1.1 互 换 性 简 介

1.1.1 互换性的定义

现代化工业要求装备制造业、仪表行业及相关行业能为国民经济各部门提供先进、可靠装备与高、精、准仪表的同时,不断改进产品质量、提高生产率和降低制造成本。这些过程必须依赖改良产品设计、改进制造工艺与装备及提高原材料质量等相关技术措施来完善。上述措施更必须通过贯彻产品及零部件规格化与标准化、扩大专业化与协作化生产的手段来保证,这些都与产品的互换性有关。

任何机械产品都是由大小不同、形状各异的零部件组成。零部件是由不同的工段、车间或工厂成批大量地生产加工而成。它们能否顺利进行装配、装配后能否满足预定的使用性能要求,都与产品的互换性有关。因此,产品的互换性要求是对产品质量的基本要求之一。

互换性是指在同一规格的零部件中任取一件,不需经过任何挑选、调整或修配就能装配到机器上,满足预定使用性能要求的一种特性。保证产品具有互换性的生产,称为遵循互换性原则的生产。互换性的应用在日常生活中随处可见。例如,机器或仪器上掉落一颗螺钉,换上一个相同规格的新螺钉就能继续使用;灯泡坏了,买一个相同规格的新灯泡安上就能照明;汽车、拖拉机、自行车、电视、计算机及手表中的零部件受到磨损,只需更换一个新的相同规格的零部件即可满足使用性能要求。可见,互换性是现代化生产中产品设计和制造的重要原则。

零件能否互换是以它们装配成产品后能否满足使用要求为标志。因此,零件具有互换性的两个条件:一是要满足零件几何参数达到配合要求;二是零件的机械物理和化学等性能满足产品功能要求。满足第一个条件的互换性称为几何参数互换性,又称为狭义互换性;具备第二个条件的互换性称为功能互换性或广义互换性。本书主要讨论零件的几何参数互换性。

1.1.2 互换性的分类

1. 根据互换的程度分类

根据零部件互换性的程度,把互换性分为完全互换和不完全互换。

(1) 完全互换。不限定互换范围,零件在装配或更换时不需挑选、调整或修配就能保证使用性能要求的互换性,称为完全互换。为适合专业化生产和装配,一般标准件都具有完全互换性,如螺钉与螺母、滚动轴承内圈与轴、轴承外圈与外壳孔等。

完全互换有利于组织专业化协作生产,并可实现加工和装配过程的机械化、自动化,提高劳动生产率,降低生产成本,同时也有利于维修。但当装配精度要求很高时,采用完全互换将使各零件的尺寸变动范围很小,造成加工困难,甚至无法加工,因此可采用不完全互换。

(2) 不完全互换。限定互换范围,即因某种特殊原因,零件在装配或更换时允许有附加

条件的挑选、调整或修配才能保证使用性能要求的互换性,称为不完全互换,也称为有限互换。例如,当机器上某些部位的装配精度要求很高时,则与之相配合的零件精度要求也高,此时若采用完全互换,会导致加工困难和制造成本增加。而实际生产中,常采用不完全互换,即将零件的精度适当降低,以便于制造。然后根据实际尺寸的大小分成相应的组,比较相配组的尺寸,进行分组装配。这不但在一定程度上解决了加工的困难,而且又保证了装配的精度要求。

不完全互换通常采用分组装配法、调整法、修配法等工艺措施来实现。

分组装配法是一种在装配工艺中保证配合精度的选择性装配法。将需要配合的两个零件,按现场加工的经济性,规定适合的尺寸变动范围;加工后,经精确测量将零件按实际尺寸的大小分组(通常分为2~4组),装配时采用对应组之间大配大、小配小的措施。实施分组后,同组内的零件可以互换,既可保证配合精度,又能解决加工困难问题。采用分组装配法,只有对应组内零件可以互换,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。例如,滚动轴承中的滚动体与滚道、发动机活塞与活塞销等,都是通过分组装配来实现提高装配精度、降低加工成本的实例。

调整法也是一种保证装配精度的工艺措施。在装配时,预先设置一个可调整的零件,通过调整其在机器中的位置或增加一个定尺寸零件(如垫片、垫圈、套筒等)以满足装配精度要求。这两种起到补偿装配累计误差作用的零件称为补偿件,两种调整法称为可动补偿调整法和固定补偿调整法。调整法在生产实际中应用很广。例如,在减速器中采用不同厚度的垫片作为调整件来调整齿轮副或蜗杆副的正确啮合位置,以及用螺钉改变轴承外圈的位置来调整轴承游隙;机床中常用镶条、锥套、调节螺旋副等作为调整件来保证装配精度。因调整件尺寸是按装配时各零件的实际尺寸进行综合调整的,装配后若欲更换任一零件,均需重新调整或更换调整件,因此调整法属于不完全互换。

修配法是在装配地点对某一零件的指定部位进行辅助加工,从而达到装配精度的要求。由于采用修配法装配后更换某个零件时,可能要对修配件重新修配,因此修配法也属于不完全互换。

2. 根据用于内部或外部分类

根据互换性用于标准部件或机构内部和外部,又可把互换性分为外互换和内互换。

(1) 外互换。外互换是指部件或机构与其相配件间的互换性。例如,滚动轴承内圈与轴颈的配合,以及外圈与轴承座孔的配合。通常,从方便使用的角度出发,外互换采用完全互换,用于厂外协作件的配合、使用中需要更换的零件及与标准件配合的零件。

(2) 内互换。内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换性,例如,滚动轴承内、外圈滚道与滚动体的配合。通常,由于这些组成零件的精度要求高,加工难度大,故采用分组装配,为不完全互换,只限于部件或机构的制造厂内部的装配需要满足的互换。

在实际生产中,具体采用何种互换才能既满足使用性能要求又满足加工经济性要求,应根据产品的精度要求、复杂程度、生产纲领、工装设备、使用要求、技术水平等综合因素考虑设计决定。

1.1.3 互换性的作用

互换性贯穿于产品的设计、制造、装配、使用和维修等诸多环节,已成为制造过程中重要的组织生产原则和技术保障措施。其主要作用表现如下:

(1) 设计过程: 贯彻互换性, 就要最大限度地采用标准件、通用件, 这可大大减少设计、计算、绘图等工作量, 缩短设计周期, 加速产品更新换代, 便于实现计算机辅助设计(CAD)。这对保证产品品种的多样化和结构性能的及时改进, 具有重要意义。

(2) 制造过程: 贯彻互换性, 就要实现分散加工及零部件的专业化协调生产, 这有利于先进工艺和高效率的专用装备或计算机辅助制造(CAM)的应用, 从而实现生产过程的自动化、机械化, 提高产品质量和生产效率, 降低制造成本。

(3) 装配过程: 贯彻互换性, 就要实现流水线或自动线组织生产, 这可大大减轻劳动强度、提高装配质量, 缩短装配周期。

(4) 使用和维修过程: 贯彻互换性, 就是用备件替换损坏件, 这可大大缩短维修时间, 节约维修费用, 提高机器使用效率, 延长产品使用寿命。尤其对重、大型技术装备及对国民经济和财产生命安全有重大影响的装备(电厂设备、消防设备等)的使用和修复, 零部件的互换性意义重大。

随着科学技术的发展, 现代制造业已由传统的生产模式发展到利用数控技术(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)等现代生产模式进行组织生产。这些先进技术无一不对互换性提出更严格的要求, 也无一不遵循互换性生产原则。因此, 互换性是当今和以后, 现代制造生产模式中不可或缺的生产原则和技术措施。

1.1.4 互换性的实现

1. 加工误差与公差

实际生产中, 任何加工方法都无法将零件制造得绝对准确。由于受工艺系统(机床、刀具、夹具、工件)各类误差及环境因素的影响, 使得零件的实际几何参数(尺寸、几何形状、相互位置及表面粗糙度等)与图样的理论设计尺寸、理想形状和理论正确位置不完全相同, 所造成的差别称为加工误差。

加工误差的客观存在, 使加工后同批次同规格的零部件之间相对应的实际几何参数不可能完全相同。因此, 要使零部件具有互换性, 必须将加工后零部件的实际几何参数控制在产品性能所允许的变动范围之内, 这个允许变动的范围称作公差。只要控制加工环节, 将零部件各几何参数所产生的误差控制在公差范围内, 就可保证其使用功能, 实现互换性。而完工后的零部件是否满足公差要求, 则需要通过检测手段来判断。

2. 测量、检验、测试与检测

测量是将被测量(未知量)与已知的标准量比较, 并获得被测量具体数值的过程, 也是对被测量定量认识的过程。

检验是判断被测物理量是否合格, 即是否在规定范围内的过程。通常不一定要测出具体值, 可理解为不要求知道具体数值的测量。

测试是具有试验性质的测量过程, 可理解为试验和测量过程。

检测是在工艺流程中, 检测包括测量、检验和测试等意义比较宽广的参数测量过程。它不仅用来评定产品质量, 还用于分析产品不合格原因, 通过监督工艺过程、及时调整生产, 预防废品产生。

现代工业生产规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。为适应生产过程中各部门的协调及各生产环节的衔接, 必须使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的技术统

一,使之成为一个有机整体,从而实现互换性生产。标准化正是联系这种关系的重要途径和手段,是互换性生产的基础。因此,采用标准化合理地确定公差并正确地进行检测是保证产品质量、实现互换性生产的必不可少的条件和手段。

1.2 标准与标准化

标准化是互换性生产的基础,一切标准都是标准化活动的结果,而标准化的目的,又通过制定标准来体现,因此制定标准和修订标准是标准化的基本任务。

1.2.1 标准

标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关部门协调一致,由主管部门批准,以特定形式发布,作为共同遵守的技术准则和依据。我国现已颁布实施的《标准化法》规定,作为强制性的各级标准,一经发布必须遵守,否则就是违法。

1. 标准的分级

按照标准的适用范围,人们习惯性把我国的标准划分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四类。

(1) 国家标准:由国务院标准化行政主管部门国家质量技术监督总局与国家标准化管理委员会制定(编制计划、组织起草、统一审批、编号、发布)。国家标准在全国范围内适用,其他各级别标准不得与国家标准相抵触。

(2) 行业标准:是对那些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所制定的标准。由国务院有关行政主管部门制定。例如,化工行业标准(代号为HG)、石油化工业标准(代号为SH)由国家石油和化学工业局制定,建材行业标准(代号为JC)由国家建筑材料工业局制定。行业标准在全国某个行业范围内适用。

(3) 地方标准:是对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一工业产品的安全卫生要求等所制定的标准。地方标准由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门和国务院有关行政部门备案。在公布国家标准或者行业标准之后,该项地方标准即行废止。

(4) 企业标准:是对没有国家标准、行业标准和地方标准的产品,可制定企业标准,作为组织生产的依据。对已有国家标准、行业标准或地方标准的,国家鼓励企业制定严于国家标准或行业标准的企业标准,在企业内部适用,有利于提高产品质量。

2. 标准的分类

按照标准的性质,可分为技术标准、工作标准和管理标准。其中,技术标准是根据生产技术活动的经验和总结,并作为技术上共同遵守的法规而制定的。

技术标准按照标准化对象的特征,可分为基础标准、产品标准、方法标准和安全、卫生与环境保护标准。

(1) 基础标准: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、几何公差标准、渐开线圆柱齿轮精度标准等。基础标准是以标准化共性要求和前提条件为对象的标准,是为了保证产品的结构功能和制造质量而制定的、一般

工程技术人员必须采用的通用性标准,也是制定其他标准时可依据的标准。本书所涉及的标准即是基础标准。

(2) 产品标准: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定的标准。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、运转和储存方面的要求等。

(3) 方法标准:以产品性能、质量方面的检测、试验方法为对象而制定的标准。其内容包括检测或试验的类别、检测规则、抽样、取样测定、操作、精度要求等方面的规定,还包括所用仪器、设备、检测和试验条件、方法,步骤、数据分析、结果计算、评定、合格标准、复验规则等。

(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定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定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定的标准称为环境保护标准。

3. 国际标准

为便于国际物流,扩大文化、科学技术和经济合作,在世界范围内促成标准化工作的开展,1947年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是世界范围内国家级标准化组织的联合会,国际标准的制定工作由ISO各技术委员会执行。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。

目前,我国采用国际标准的方式有以下几种: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,即国家标准在技术内容上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,即国家标准在技术上与国际标准不相同。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能促进我国出口产品有更广阔的技术拓展空间,也将有力促进我国标准化科学的提升,增强产品的国际市场竞争力。

1.2.2 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有组织的活动过程。

标准与标准化虽然是两个不同的概念,但有着不可分割的联系。没有标准,也就没有标准化;反之,没有标准化,标准也就失去了存在的意义。

目前标准化已渗透到社会的方方面面,通过制定、发布和实施的手段、使标准达到统一,可获得最佳秩序(如最佳生产秩序、工作秩序等)和最佳社会效益(如最大限度地减少不必要的劳动消耗,增加社会生产力)。显然,标准化的意义在于积极推动社会进步和生产发展,其重要作用不言而喻。

1.3 优先数与优先数系

无论产品的设计制造还是使用过程，其规格、零件尺寸大小、原材料尺寸大小、公差大小、承载能力和速度、工作环境及其加工所用设备、刀具、量具的尺寸等性能参数与几何参数，都要用数值来表示，当选定某数值作为产品的基本技术特性参数后，该数值就会按一定规律，向一切有关制品和材料的技术特性参数进行传播与扩散。例如，复印机规格与复印纸尺寸有关，复印纸尺寸则取决于书刊、杂志尺寸，复印机尺寸又影响造纸机械、包装机械的相关尺寸。又如，某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及工件螺栓孔的尺寸等。由于数值如此不断关联、传播，常会形成牵一发而动全身的现象，这就牵涉许多部门和领域。这种技术参数的传播性，在生产实际中极为普遍，并且跨越行业和部门的界限。工程技术上的参数值，即使只有很小差别，经反复传播扩散后，也会造成尺寸规格的繁多杂乱，给组织生产、协作配套及使用维修等带来很大困难。因此，产品技术参数值不能随意选取，否则将造成产品技术参数数值传播的扩散紊乱、恶性膨胀的混乱局面，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、分组，实现产品技术参数的简化、协调统一，就必须按照科学、统一的数值标准来选取，这个标准就是优先数和优先数系。

优先数和优先数系是国际上统一采用的一种科学的数值分级制度，是一种无量纲的分级数系，适用于各种量值的分级。优先数是优先数系中的任一个数值。

1.3.1 优先数系的构成

目前，我国数值分级标准《优先数和优先数系》（GB/T 321—2005）采用了十进制等比数列为优先数系。GB/T 321—2005 规定了五个公比形成的优先数系，分别用符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示。其中，R5、R10、R20 和 R40 是常用系列，称为基本系列，而 R80 作为补充系列（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）。五个优先数系的公比见表 1-1。

表 1-1 优先数系的公比

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

十进制要求数系中包括 1、10、100、…、 10^n 和 1、0.1、0.01、…、 $1/10^n$ 等数，其中的指数 n 是正整数。数列中按 1~10，10~100，100~1000，…， $1 \sim 0.1$ ， $0.1 \sim 0.01$ ，…划分区间，称为十进区间，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 10 倍或缩小至 1/10。例如，在 1~10 的区间（见表 1-2），R5 系列有 1.6、2.5、4.0、6.3、10 五个优先数，R10 系列是在 R5 系列中插入 1.25、2.00、3.15、5.00、8.00，共十个优先数，即在 R5 系列中插入比例中项 1.25，即可得到 R10 系列。因此，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。

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	1.000 0
			1.06	1.059 3
		1.12	1.12	1.122 0
			1.18	1.188 5
	1.25	1.25	1.25	1.258 9
			1.32	1.333 5
		1.40	1.40	1.412 5
			1.50	1.496 2
1.60	1.60	1.60	1.60	1.584 9
			1.70	1.678 8
		1.80	1.80	1.778 3
			1.90	1.883 6
	2.00	2.00	2.00	1.995 3
			2.12	2.113 5
		2.24	2.24	2.238 7
			2.36	2.371 4
2.50	2.50	2.50	2.50	2.511 9
			2.65	2.660 7
		2.80	2.80	2.818 4
			3.00	2.985 4
	3.15	3.15	3.15	3.162 3
			3.35	3.349 7
		3.55	3.55	3.548 1
			3.75	3.758 4
4.00	4.00	4.00	4.00	3.981 1
			4.25	4.217 0
		4.50	4.50	4.466 8
			4.75	4.731 5
	5.00	5.00	5.00	5.011 9
			5.30	5.308 8
		5.60	5.60	5.623 4
			6.00	5.956 6

续表

基本系列（常用值）				计算值
R5	R10	R20	R40	
6.30	6.30	6.30	6.30	6.309 6
			6.70	6.683 4
		7.10	7.10	7.079 5
			7.50	7.498 9
	8.00	8.00	8.00	7.943 3
			8.50	8.414 0
		9.00	9.00	8.912 5
			9.50	9.440 6
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

1.3.2 派生系列和复合系列

优先数由于具有相邻两项的相对差均匀、疏密适中、运算方便、简单易记等主要优点而得到广泛应用。为使优先数系有更大的适应性来满足生产需要，优先数系还变形出派生系列和复合系列。

（1）派生系列。派生系列是从基本系列中每隔几项选取一个优先数所组成的系列。例如 R10/3 系列，即是在 R10 系列中按每隔三项取一项所组成的数列，其公比为 $R10/3=(\sqrt[10]{10})^3\approx2$ 。例如，1、2、4、8、…、1.25、2.5、5、10、…，均属于该系列，为常用的倍数系列。

（2）复合系列。复合系列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 这一系列，分别由 R5、R20/3 和 R10 这三种系列构成混合系列。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 R10/5，即 0.08、0.25、0.8、2.5、8.0、25。

1.3.3 优先数系的应用

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，可作为工程上的精确计算用。对计算值做圆整并保留三位有效数，称为常用值，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。

选用基本系列时，应遵守先疏后密的规则，即按 R5、R10、R20、R40 的顺序选用；当基本系列不能满足要求时，可选用派生系列，注意应优先选用公比较大和延伸项含有项值 1 的派生系列；根据经济性和需要量等不同条件，还可分段选用最合适的系列，以复合系列的形式来组成最佳系列。

优先数系的应用很广泛，适用于各种尺寸、参数的系列化和质量指标的分级。

（1）用于产品几何参数、性能参数的系列化。通常，一般机械的主要参数按 R5 或 R10 系列。例如，立式车床主轴直径、专用工具的主要参数尺寸都按 R10 系列；通用型材、零件及工具的尺寸和铸件壁厚等按 R20 系列；锻压机床吨位采用 R5 系列。

（2）用于产品质量指标分级。在本课程所涉及的有关标准里，如尺寸分段、公差分级及表面粗糙度参数系列等，基本上采用优先数。

1.4 产品几何量技术规范 (GPS) 与几何量检测

1.4.1 产品几何量技术规范 (GPS)

产品几何量技术规范 (geometrical product specification, GPS) 是面向产品开发全过程而构建的控制产品几何特征的一套完整标准, 由涉及产品几何特征及其特征量的诸多技术标准组成。GPS 全面覆盖从宏观到微观的产品几何特征描述, 全面规范产品 (工件) 的尺寸公差、几何 (形状、方向、位置、跳动) 公差, 以及表面结构等控制要求和检测方法, 贯穿于一切几何产品的开发、设计、制造、检验、使用及维修、报废等整个生命全过程。

GPS 标准体系是国家标准中影响最广的重要基础标准, 不仅是为达到产品功能要求所必须遵守的技术依据和产品信息传递与交换的基础标准, 而且是进行产品合格评定和技术交流的重要工具, 也是签订生产合约、承诺质量保证的重要基础。在国际标准中, GPS 标准体系与质量管理体系 (ISO9000)、产品模型数据交互规范 (STEP) 等重要标准体系有密切的联系, 是制造业信息化、质量管理、工业自动化系统与集成等工作的基础。随着新世纪知识的快速扩张和经济全球化, GPS 标准体系的重要作用日益为国际社会所认同, 其水平不但影响一个国家的经济发展, 而且对一个国家的科学技术水平和制造业水平有决定性的作用。其具体作用如下:

(1) GPS 标准体系为产品开发提供了一套全新的工具, 可为产品数字化设计和制造提供基础支撑。

(2) GPS 标准体系能实现产品的精确几何定义及精确的精度过程定义, 更合理、经济、有效地利用设计、制造和检测的资源, 显著降低产品的开发成本。

(3) GPS 标准体系不仅是产品开发的重要依据, 而且是规范计量器具研制、软件开发的重要准则。

(4) GPS 标准体系为国际通用的技术语言, 其应用有利于促进国际技术交流和合作, 有利于消除贸易中的技术壁垒。

(5) GPS 标准体系的实施可显著提高产品质量, 提高企业的市场竞争力。

1.4.2 几何量检测

现代工业生产对产品质量要求越来越高, 而产品质量的提高在一定程度上有赖于检测准确度的提高。质量控制是一个调控过程, 它保证产品质量符合规定的标准与规范, 使影响产品质量的各环节和过程始终处于受控状态, 以确保产品质量。

从设计角度看, 零件的标准化为互换性提供实施的可能性。但要满足零件的使用性能, 还必须采取适当的工艺措施, 对零件进行检测, 以保证生产的零件为合格品。为使测量结果统一可靠, 必须建立和完善相应的检测手段和计量管理系统, 并制定技术法规监督实施。

从制造角度看, 几何量检测技术的发展和机械加工精度的提高相辅相成。加工精度的提高, 一方面要求并促进测量器具的精度提高, 另一方面, 加工精度本身也要通过精确的测量来体现和验证。

19 世纪中期发明的游标卡尺, 可满足测量当时加工精度达 0.1mm 的零件; 20 世纪初发明的螺旋千分尺, 可满足测量当时加工精度达 0.01mm 的零件; 其后开始成批研制生产的光学比较仪、测长仪、光波干涉仪和万能工具显微镜等光学精密量仪, 可测量加工精度更

高的零件。随着精密、超精密加工技术的发展,精密机床主轴的跳动精度和导轨直线度精度要求越来越高,这些参数的测量要用高精度的量仪,如稳频激光干涉系统、各种高精度的机、电、光一体化测量系统。

我国计量科学和检测技术经过多年努力,在全国建立了较完善的计量机构,有统一的量值传递系统。不仅可生产一般检测仪器,还成功研制了诸如激光光电比长仪、激光丝杠动态检查仪、光栅式齿轮整体误差测量仪、碘稳频 612nm 激光器、无导轨大长度测量仪、双频激光干涉仪及超精密型和国家基准型圆柱度仪等一些达到世界先进水平的量仪。随着我国科学技术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 课程的研究对象、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,是架设在技术基础课、专业课和实践教学课之间的桥梁。本课程的研究对象是几何参数的互换性,即研究如何通过有关国家标准并规定公差,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检测手段,保证有关国家标准的贯彻执行,以确保产品质量。

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,本课程从精度和误差的观点出发,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。

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;学会运用几何量公差与检测的基本知识和技能来完成生产实践中的图纸设计、标注并保证产品质量。通过本课程的学习,应达到以下要求:

- (1) 建立互换性和标准化的基本概念,掌握有关几何量公差标准的基本内容、特点及应用原则;初步学会根据机器装备的不同功能要求进行精度设计;掌握零部件几何参数精度设计的基本理论和方法;熟悉典型零件极限与配合标准的组成与应用;合理确定典型零件的制造精度,确保产品质量。
- (2) 建立几何量检测的基本概念,熟悉各种典型几何量的检测方法和测量器具的原理,初步学会选择和操作常用的计量器具,分析测量误差与处理测量数据。
- (3) 着重基本理论、基本知识和基本技能的训练,了解几何量公差和检测学科的现状和发展,培养分析与解决实际问题的能力。



1-1 什么是互换性?简述互换性的分类及作用。

1-2 什么是标准及标准化? 举例说明常用的国家标准。

1-3 什么是优先数系? 简述优先数系的特点及选择原则。

1-4 按优先数系基本系列确定优先数:

(1) 第一个数为 10, 按 R5 系列确定后三项优先数。

(2) 第一个数为 100, 按 R10/3 系列确定后三项优先数。

1-5 下列两组数据分别属于哪种优先数系?

(1) 电机转速 (单位为 r/min): 375、750、1500、3000、...

(2) 摇臂钻床的主参数 (单位为 mm): 25、40、63、80、100、125、...