



普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材



顾问 杨叔子 李培根

互换性与测量技术基础

HUHUANXING YU CELIANG JISHU JICHU

李军 主编

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

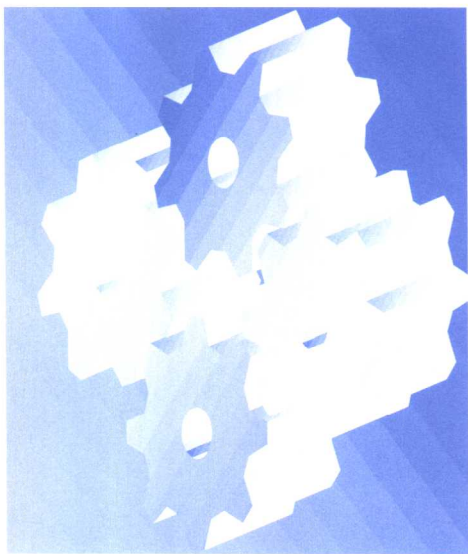




普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材

顾 问 杨叔子 李培根

互换性与测量技术基础



主 编 李 军
副主编 吴晓光 姜永军
胡 林
参 编 李明扬 杨 健
赵福亮 王羽萍

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础/李 军 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2007年9月
ISBN 978-7-5609-4064-9

I. 互… II. 李… 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(2007)第081137号

互换性与测量技术基础

李 军 主 编

策划编辑:刘 锦

责任编辑:谢佩玲

责任校对:刘 竣

封面设计:潘 群

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:787mm×960mm 1/16

印张:18.25 插页:2

字数:343 000

版次:2007年9月第1版

印次:2007年9月第1次印刷

定价:29.80元

ISBN 978-7-5609-4064-9/TG·77

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

普通高等院校“十一五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材

编审委员会

顾问：杨叔子 华中科技大学

李培根 华中科技大学

总主编：吴昌林 华中科技大学

委员：（按姓氏拼音顺序排列）

崔洪斌 河北科技大学

冯浩 景德镇陶瓷学院

高为国 湖南工程学院

郭钟宁 广东工业大学

韩建海 河南科技大学

孔建益 武汉科技大学

李光布 上海师范大学

李军 重庆交通大学

黎秋萍 华中科技大学出版社

刘成俊 重庆科技学院

柳舟通 黄石理工学院

卢道华 江苏科技大学

鲁屏宇 江南大学

梅顺齐 武汉科技学院

孟远 河南工业大学

芮执元 兰州理工大学

汪建新 内蒙古科技大学

王生泽 东华大学

杨振中 华北水利水电学院

易际明 湖南工程学院

尹明富 天津工业大学

张华 南昌大学

张建钢 武汉科技学院

赵大兴 湖北工业大学

赵天婵 江汉大学

赵雪松 安徽工程科技学院

郑清春 天津理工大学

周广林 黑龙江科技学院

内 容 简 介

“互换性与测量技术基础”是机械类、仪器仪表类专业的一门主要的专业基础课程。本书主要讲授互换性的基本概念,测量技术基础和现代测量技术与方法,公差与配合的结构、规律、特征、基本内容及公差与配合的选用,公差检测的基本概念和技术等内容。本书强调基础,突出应用,同时反映国内外一定的最新公差检测技术与测量技术;在传统教材的基础之上,突出其基础性、应用性、检测结果的处理判断性,以及先进的测量技术、设备与检测手段,是一部较为实用、全面、完善的专业基础性教材。

本书可作为本科或专科机械类、仪器仪表类专业“互换性与测量技术基础”课程教材,既适用于高校专业基础课程教学,又适宜于生产企业的人员培训与学习指导。

序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育而跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来许多普通院校采用规划教材就十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循，有规可依，有鉴可借，有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个应用型机械专业,在全国高校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程教材的编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化决不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。“和而不同”,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设、特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士
教育部高等学校机械学科指导委员会主任

杨红子

2006.1

前 言

“互换性与测量技术基础”是工科院校,特别是技术型工科院校机械类、仪器仪表类专业的一门应用性很强的重要技术基础课程。《互换性与测量技术基础》内容涵盖了实现互换性生产的标准化领域与计量学领域的有关知识,涉及机械产品及零部件的设计、制造、维修、质量控制、生产组织管理等诸方面的知识和技术标准,是联系设计类课程与制造类课程的纽带。

本书根据最新国家标准,参考诸多同类教材,并结合编者多年的教学实践经验和探索,专门为技术型工科院校的“互换性与测量技术基础”课程编写而成。本书主要讲授互换性的基本概念,测量技术基础和现代测量技术与方法,公差与配合的结构、规律、特征、基本内容及公差与配合的选用,公差检测的基本概念和技术等内容。本书强调基础,突出应用,同时反映国内外一定的最新公差检测技术与测量技术;在传统教材的基础之上,突出其基础性、应用性、检测结果的处理判断性,以及先进的测量技术、设备与检测手段。编者在编著过程中力求基本概念清楚,内容精选,叙述精练。由于目前该课程的教学课时数普遍被压缩,编者在编写时对课程实验方面的测量仪器原理、结构及使用方法等内容未作介绍。

本书可作为本科或专科机械类、仪器仪表类专业“互换性与测量技术基础”课程教材,既适用于高校专业基础课程教学,又适宜于生产企业的人员培训与学习参考。

本书由李军主编,吴晓光、姜永军、胡林为副主编。全书共分11章:第1、11章由重庆交通大学李军编写,第2章由成都理工大学杨健编写,第3章由安徽工程科技学院李明扬编写,第4章由中国地质大学吴晓光编写,第5、6章由重庆科技学院胡林编写,第7、8章由内蒙古科技大学姜永军编写,第9章由南昌大学王羽萍编写,第10章由太原理工大学赵福亮编写。李军负责对全书文字、插图等全部内容进行修正、定稿。

本书编写过程中得到重庆交通大学、中国地质大学、内蒙古科技大学、重庆科技学院、成都理工大学、太原理工大学、南昌大学、安徽工程科技学院等院校有关老师的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,在内容选择、结构层次等方面难免有疏漏或不足,恳请广大读者批评指正,提出宝贵意见。

编 者

2007年5月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 互换性与公差的概念	(1)
1.2 标准化与优先数系	(3)
1.3 标准化的发展	(8)
习题	(9)
第 2 章 光滑圆柱体结合的极限与配合	(10)
2.1 概述	(10)
2.2 极限与配合的基本术语及定义	(11)
2.3 极限制	(19)
2.4 公差带与配合的标准化	(38)
2.5 极限与配合的选择	(42)
2.6 一般公差——线性尺寸的未注公差	(53)
习题	(54)
第 3 章 测量技术基础	(57)
3.1 测量基本概念	(57)
3.2 长度单位和尺寸传递	(59)
3.3 计量器具和测量方法	(62)
3.4 测量误差及数据处理	(67)
习题	(81)
第 4 章 形状和位置公差	(83)
4.1 概述	(83)
4.2 形位公差的标注	(86)
4.3 形位公差	(94)
4.4 公差原则	(108)
4.5 形位公差的选择及未注形位公差值的规定	(122)
习题	(133)
第 5 章 表面粗糙度	(135)
5.1 概述	(135)
5.2 表面粗糙度的评定	(136)

5.3	表面粗糙度的选择和标注	(143)
5.4	表面粗糙度的测量	(147)
	习题	(149)
第6章	光滑工件尺寸的检验	(150)
6.1	用通用计量器具检验	(150)
6.2	用光滑极限量规检验	(154)
	习题	(161)
第7章	滚动轴承与孔轴结合的互换性	(162)
7.1	概述	(162)
7.2	滚动轴承内、外径公差带及其特点	(164)
7.3	滚动轴承与轴和外壳孔的配合及其选择	(165)
	习题	(172)
第8章	常用结合件的互换性及其检测	(173)
8.1	键结合的公差配合及其检测	(173)
8.2	圆锥结合的公差配合及其检测	(179)
8.3	螺纹的公差配合及测量	(185)
	习题	(195)
第9章	圆柱齿轮传动的互换性	(196)
9.1	评定齿轮传动质量的单项测量指标及测量方法	(196)
9.2	齿轮误差的综合测量及其评定指标	(200)
9.3	齿轮副误差的评定指标	(202)
9.4	齿轮加工误差及其对传动、载荷等的影响	(206)
9.5	渐开线圆柱齿轮精度标准	(208)
	习题	(225)
第10章	尺寸链	(227)
10.1	尺寸链的基本概念	(227)
10.2	极值法求解尺寸链	(230)
10.3	求解尺寸链的其他方法(概率法)	(239)
10.4	保证装配精度的方法	(244)
	习题	(245)
第11章	现代精密测量设备、技术与方法	(247)
11.1	三坐标测量机	(247)
11.2	其他精密测量技术与方法	(255)
11.3	计算机辅助公差优化设计概述	(275)
	参考文献	(281)

第 1 章 绪 论

1.1 互换性与公差的概念

1.1.1 互换性的概念

日常生活中,“互换性”随处可见,有大量现象涉及互换性。例如,机器或仪器上掉了一个螺钉,按相同规格买一个装上就行了;灯泡坏了,买一个新的安上就行了;农业生产中使用的拖拉机、收割机、水泵的某个零(部)件磨损了或坏了,换上一个新的,就可以使它们满足使用要求。

所谓互换性是指机器或仪器中统一规格的一批零(部)件,在材料性能、几何尺寸、使用功能上彼此可互相替代,不需作任何挑选或辅助加工,就能进行装配,并能保证满足机器或仪器的使用性能要求的一种特性。广义上说,互换性是指一种产品、过程或服务能够具有代替另一种产品、过程或服务,并且能满足同样要求的能力。

显然,互换性应同时具备两个条件:一是不需挑选,不经修理就能进行装配;二是装配以后能满足使用要求。

1.1.2 公差的概念

加工零(部)件的过程中,由于各种因素(机床、刀具、温度等)的影响,零(部)件的尺寸、形状和表面粗糙度等几何量难以达到理想状态,总有或大或小的误差。但从零(部)件的使用功能角度看,不必要求零(部)件几何量绝对准确,只要求零(部)件几何量在某一规定范围内变动,即保证同一规格零(部)件(特别是几何量)彼此接近。这个允许几何量变动的范围称为几何量公差。

为了保证零(部)件的互换性,要用公差来控制误差。设计时要按标准规定公差,而加工时不可避免会产生误差,因此要使零(部)件具有互换性,就应把完工的零(部)件误差控制在规定的公差范围内。设计者的任务就是要正确地确定公差,并把它在图样上明确地表示出来。在满足功能要求的前提下,公差值应尽量规定得大一些,以便获得最佳的经济效益。

1.1.3 互换性分类

从广义上讲,零(部)件的互换性应包括几何量、力学性能、理化性能等方面的互换性。本课程仅讨论零(部)件几何量的互换性,即几何量方面的公差和测量。

(1) 按确定的参数与使用要求划分,互换性可分为几何参数互换性与功能互换性。

通过规定几何参数的公差以保证成品的几何参数充分近似所达到的互换性称为几何参数互换性。此种互换性为狭义互换性,有时仅局限于保证零(部)件尺寸配合的要求。

通过规定功能参数所达到的互换性称为功能互换性。功能参数当然包括几何参数,但也包括其他一些参数,如材料机械性能、化学、电学、流体力学等参数。此种互换性为广义互换性,往往着重于保证除几何参数要求以外的其他功能要求。

(2) 按不同场合对零(部)件互换的形式和程度的不同要求,互换性可划分为完全互换性与不完全互换性。

完全互换性简称为互换性,即零(部)件在装配或更换时,无需选择,可以无需加工,就可实现零(部)件的互换。例如,孔和轴加工后只要符合设计的规定要求,就可以完全互换。

不完全互换性也称为有限互换性。当零(部)件装配精度要求较高时,采用完全互换将使零(部)件制造公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。这时,可将零(部)件的制造公差适当地放大,使之便于加工;而在零(部)件加工完毕之后,再用测量器具将零(部)件按实际尺寸的大小分为若干组,使每组零(部)件间实际尺寸的差别减小,装配时按相应的组进行装配。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能解决加工难度的问题,降低成本。不完全互换性可采用分组装配法、调整法或其他方法来实现。

(3) 对于标准部件或机构来说,互换性又可分为外互换与内互换。

外互换是指部件或机构与其他相配件的互换性。例如,滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与轴承孔的配合。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、外圈滚动直径与滚珠(滚柱)直径的配合。

为了使用方便,滚动轴承的外互换常采用完全互换。内互换因组成零件的精度要求高,加工难度大,故常采用不完全互换,分组装配。

一般而言,不完全互换只限于部件或机构的制造厂内部的装配。至于制造厂的外协作,即使产量不大,往往也要求是完全互换。生产厂家采用完全互换、不完全互换或者修配调整,要由产品的精度要求与产品的复杂程度、生产规模、生产设备、技术水平等一系列因素来决定。

1.1.4 互换性的作用

互换性的作用主要体现在以下三个方面。

(1) 在设计方面,能最大限度地使用标准件,这样可以简化绘图和计算等工作量,使设计周期缩短,有利于产品更新换代和 CAD 技术的应用。

(2) 在制造方面,有利于组织专业化生产,使用专用设备和 CAM 技术。

(3) 在使用和维修方面,可以及时更换那些易磨损或已损坏的零(部)件。对于某些易损件,可以提供备用件,以提高机器的使用价值。

互换性在提高产品质量和产品可靠性,以及提高生产率和经济效益等方面均具有重大意义。互换性原则已成为现代制造业中的一个普遍遵守的基本原则。互换性生产对我国现代化生产具有十分重要的意义,但互换性也不是在任何情况下都适用,有时也只有采用单个配制才符合经济原则,这时零件虽不能互换,但同样也有公差和检测方面的要求。

1.2 标准化与优先数系

在机械制造中,标准化是广泛实现互换性生产的前提,而公差与配合等互换性标准都是重要的基础标准。现代制造业的生产特点是规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。为了适应生产中各个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。标准和标准化是联系这种关系的主要途径和最有效的手段,标准化是实现互换性生产的基础。

1.2.1 标准与标准化的概念

1. 标准

标准是指为了取得国民经济最佳效果,在总结实践经验和充分协商的基础上,有计划地对人类生活和生产活动中具有多样性和重复性的事物,在一定范围内做出统一规定,并经一定的标准程序,以特定的形式颁发的技术法规。通俗地讲,标准就是评价一切产品质量好坏的技术依据。

按标准化对象的特征,标准大致可分为以下几类:基础标准、产品标准、方法标准、安全和环境保护标准、卫生标准等。

基础标准是以标准化共性要求和前提条件为对象的标准。如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、公差与配合、零件结构要素等标准。

产品标准是以产品及其构成为对象的标准。如机电设备、仪器仪表、工艺装备、零部件、毛坯、半成品及原材料等基本产品或辅助产品的标准。产品标准包括产品品种系列标准和产品质量标准,前者规定产品的分类、型式、尺寸、参数等,后者规定产品的质量特征和使用性能指标等。

方法标准是以生产技术活动中的重要程序、规划、方法为对象的标准。如设计计算方法、工艺规程、测试方法、验收规则以及包装运输方法等标准。

安全与环境保护标准是专门为了安全与环境保护目的而制定的标准。

为了保证基层标准和上级标准的统一、协调一致,我国标准按行政系分为四级,即国家标准(简称“国标”)、部标准(行业标准)、地方标准和企业标准。国家标准是针对全国经济、技术发展有重大意义或影响而必须在全国范围内统一的标准;部标准是针对一个行业的经济、技术发展有重大意义或影响而必须在行业或部范围内统一的标准;地方标准是针

对各省、市、自治区范围内的技术安全、卫生等有重大意义或影响而由地方政府授权机构颁发的标准；企业标准是针对部以下的机构发布的标准。

按照标准的性质划分，标准可分为技术标准、工作标准和管理标准。技术标准是指根据生产技术活动的经验和总结，作为技术上共同遵守的法规而制定的标准，是生产技术重要的法规。

2. 标准化

现代工业生产的特点是生产社会化程度越来越高，分工越来越细，仅依靠孤立的产品标准，难以保证产品的质量。只有形成产品质量整个系统的各个方面都遵循标准、准则、规章、计划等，才能保证和提高产品的质量。

标准化是指为了在一定范围内获得最佳秩序，对实际或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动。标准化是制定标准，贯彻标准，以促进经济全面发展的整个过程。标准化的目的，是要通过制定标准来体现的，所以制定标准和修订标准是标准化的最基本任务。标准化是组织现代化大生产的重要手段，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；标准化同时是联系科研、设计、生产、流通和使用等方面的技术纽带，是整个社会经济合理化的技术基础；标准化也是发展贸易，提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。搞好标准化，对于高速度发展国民经济，提高产品和工程建设质量，提高劳动生产率，搞好环境保护和安全生产，改善人民生活等都具有重要作用。

由上述可知，现代工业都是建立在互换性原则基础上的。为了保证机器零件几何参数的互换性，就必须制定和执行统一的互换性公差标准，其中包括公差与配合、形状与位置公差、表面粗糙度，以及各种典型联结件和传动件的公差与配合标准等。这类标准是以保证一定的制造公差办法来保证零件的互换性和使用性能的，所以公差标准是机械制造中最重要的技术基础标准。

1.2.2 优先数系

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

在工业生产中，当选定一个数值作为某种产品的参数指标后，这个数值就会按照一定的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确定后，不仅会传播到有关机器的相应参数上，而且还会传播到动力机械的轴、轴承、键、齿轮、联轴器等一系列零部件的尺寸和材料特性等参数上，并将进而传播到加工和检验这些零部件的刀具、量具、夹具以及机床等相应的参数上。这种情况称为数值的传播。工程技术上的参数数值，即使只有很小的差别，经过反复的传播以后，也会造成尺寸规格的繁多杂乱，以致给生产组织、协作配套和使用维修等带来很大的困难。因此，对各种技术参数，必须从全局出发，加以协调优化。优先数和优先数系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制度。

为了协调和简化产品的品种规格,可以按一定的数值变化规律,将其主要技术参数分级,亦即按大小分档。

如果按算术级数(等差级数)分级,其各相邻项的绝对差相等,而相对差则不等,且变化较大。例如 1, 2, 3, 4, … 这个等差数列,在 1 与 2 之间相对差为 100%,而在 10 与 11 之间仅为 10%,数值越大,相邻项的相对差则越小。此外,对按等差级数分级的参数,进行工程技术的运算后,其结果就不再是算术级数。如直径为 d 的轴,若按算术级数分级,其横截面积 $A = \frac{\pi}{4}d^2$ 的数列不是算术级数。因此,算术级数不宜用来作为优先数系。

如果按几何级数(等比级数)分级,则可避免上述缺点。例如,首项等于 1,公比为 q 的几何级数为 1, q, q^2, q^3, \dots, q^n ,其相邻项的相对差都是 $(q-1) \times 100\%$ 。在上述轴的直径 d 和横截面积 A 的例子中,当 d 为按公比 q 排列的几何级数时,则 A 是公比为 q^2 的几何级数,而按材料力学计算公式,其传递转矩的能力同它的直径 d 的三次方成正比,即是一个公比为 q^3 的几何级数。

由此得出一个结论,即工程技术上的主要参数,若按几何级数分级,经过数值传播后,与其相关的其他量值也有可能按同样的数学规律分级。因此,几何级数变化规律是建立优先数系的依据。

工程技术上通常采用的优先数系,是一种十进制几何级数,即级数的各项数值中,包括 1, 10, 100, …, 10^n 和 0.1, 0.01, …, $\frac{1}{10^n}$ 这些数,其中的指数 n 是整数。按 1~10, 10~100, … 和 1~0.1, 0.1~0.01, … 划分区间(称为十进段),再进行细分。设计、使用时必须选择优先数系列中的某一项值。

几何级数的数系是按一定的公比 q 来排列每一项数值的,国标 GB 321—1980 采用的优先数系的基本系列有以下四个公比的数列。

$$R5 : q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.584\ 9 \approx 1.6$$

$$R10 : q_{10} = \sqrt[10]{10} = 1.258\ 9 \approx 1.25$$

$$R20 : q_{20} = \sqrt[20]{10} = 1.122\ 0 \approx 1.12$$

$$R40 : q_{40} = \sqrt[40]{10} = 1.053\ 9 \approx 1.06$$

另有补充系列

$$R80 : q_{80} = \sqrt[80]{10} = 1.029\ 36 \approx 1.03$$

优先数系列在各项标准中被广泛地应用。公差标准中的许多值,都是按照优先数系列选定的。例如,《公差与配合》国家标准中公差值即是按 R5 优先数系列确定的,即后一个数是前一个数的 1.6 倍。

范围 1~10 的优先数系列如表 1-1 所示,所有大于 10 的优先数均可按表列数乘以 10,100,⋯求得;所有小于 1 的优先数均可按表列数乘以 0.1,0.01,⋯求得。

表 1-1 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	1.122 0
			1.18	1.188 5
			1.25	1.258 9
			1.32	1.333 5
			1.40	1.412 5
			1.50	1.496 2
			1.60	1.584 9
			1.70	1.678 8
1.60	1.60	1.60	1.80	1.778 3
			1.90	1.883 6
			2.00	1.995 3
			2.12	2.113 5
			2.24	2.238 7
			2.36	2.371 4
			2.50	2.511 9
			2.65	2.660 7
			2.80	2.818 4
			3.00	2.985 4
2.50	2.50	2.50	3.15	3.162 3
			3.35	3.349 7
			3.55	3.548 1
			3.75	3.798 4
			4.00	3.981 1
			4.25	4.217 0
			4.50	4.466 8
			4.75	4.731 5
			5.00	5.011 9
			5.30	5.308 8
4.00	4.00	4.00	5.60	5.623 4
			6.00	5.956 6

续表 1-1

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	7.079 5
			7.50	7.498 9
			8.00	7.943 3
			8.50	8.414 0
			9.00	8.912 5
10.00	10.00	10.00	9.50	9.440 6
			10.00	10.000 0

有时在工程上还采用 $\frac{R10}{3}$ 的系列,其公比为 $q=(\sqrt[10]{10})^3=1.258\ 9^2\approx 2$,此即为倍数系列,即在R10系列中,每隔三个数选一个,此时所有的数都是成倍增加的。

优先数的主要优点是:相邻两项的相对差均匀,疏密适中,而且运算方便,易记、简单。在同一系列中,优先数(理论值)的积、商、整数的乘方等仍为优先数。因此,优先数系成为国际上统一的数值制,得到广泛应用。

1.2.3 优先数系的特点及选用规则

1. 优先数的特点

优先数的理论值为 $(\sqrt[10]{10})^N$,其中 N 是任意整数。按照此式计算得到的优先数的理论值,除10的整数幂外,大多为无理数,工程技术中不宜直接使用。而实际应用的数值都是经过化整处理以后的近似值,根据取值的有效数值位数,优先数的近似值可以分为:计算值(取5位有效数字,供精确计算用);常用值(即为优先值,取3位有效数字,常使用的优先数);化整值(一般取2位有效数字,它是将常用值作化整处理后所得的数值)。

优先数的主要特点:

- ① 任意相邻两项间的相对差近似不变,在理论上其理论值的相对差为恒定值;
- ② 任意两项的理论值经计算后仍为一个优先数理论值;
- ③ 优先数系具有相关性,表现为在上一级优先数系中隔项取值,就得到下一系列的优先数系;反之,在下一系列中插入比例项,就可得到上一系列。

2. 优先数系的派生系列

为使优先数系具有更广泛的适应性,可以从基本系列中,每逢 p 项留取一个优先数,生成新的派生系列,以符号 $\frac{Rr}{p}$ 表示。派生系列的公比为