

上海市本科教育高地建设
机械制造及其自动化系列教材

互换性与技术测量

主编 周玉凤 杜向阳

清华大学出版社

上海市本科教育高地建设
机械制造及其自动化系列教材

互换性与技术测量

主编 周玉凤 杜向阳

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书按教学规律阐述了机械零部件的互换性和检测技术的基础知识,介绍了几种典型机械零件公差与配合的基本原理和方法以及国家标准在设计中的应用。全书共分 10 章,第 1 章阐述互换性的基本概念;第 2~4 章阐述极限与配合、形状和位置公差、表面粗糙度等机械零件公差与配合的基础知识;第 5~7 章阐述滚动轴承、键和花键、圆柱齿轮等典型零件的精度设计基础知识;第 8、9 章阐述测量技术的基础知识;第 10 章阐述机械零件精度设计;附录中阐述本书的一些相关实验。本书各章附有相关的复习与思考,以配合教学的需要,也便于读者自学。

本书按照 2007 年底前颁布的国家标准编写,内容新颖,实用性强。适用于高等工科院校机械类和近机械类各专业的课程教学,也可供从事机械设计、制造、标准化和计量测试等工作的各类工程技术人员参考使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/周玉凤,杜向阳主编. —北京:清华大学出版社,2008.12

(上海市本科教育高地建设机械制造及其自动化系列教材)

ISBN 978-7-302-19036-3

I. 互… II. ①周… ②杜… III. ①零部件—互换性 ②零部件—测量—技术
IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 190840 号

责任编辑:庄红权

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:14

字 数:336 千字

版 次:2008 年 12 月第 1 版

印 次:2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:24.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:032040-01

上海市本科教育高地建设 机械制造及其自动化系列教材编写委员会

顾 问 陈关龙

主 任 程武山

副主任 何法江

编 委 王明红 蔡颖玲 陆 宁 陆 文

秘 书 周玉凤

序言



进入 21 世纪以来,我国制造业得到了飞速发展。中国已成为世界制造业大国,正面临从制造业大国向制造业强国转型的关键时期。培养大批适应中国机械工业发展的优秀工程技术人才,是实现这一重大转变的关键。

遵循高等教育、人才培养和社会主义市场经济的规律,围绕《上海优先发展先进制造业行动方案》,紧贴区域经济和社会需求的发展,上海工程技术大学机械工程学院抓住“上海市机械制造及其自动化本科教育高地建设”这一机遇,把握先进制造业和现代服务业互补、融合的趋势,把打造工程本位的复合应用型人才培养基地作为高地建设的核心,把培养具有深厚的科学理论基础和一定的工程实践能力和创新能力的优秀的复合应用型人才——“生产一线工程师”,作为高地建设的战略发展目标。

正是基于上述考虑,本编写委员会联合清华大学出版社推出上海市教育高地建设机械制造及其自动化系列规划教材,希望根据“以生为本,以师为重,以教为基,以训为媒,突出工程实践”的教育思想理念和当前的科技水平以及社会发展的需求,精心策划和编写本系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的工程技术人才。

本系列教材的编写,注重文字通顺,深入浅出,图文并茂,表格清晰,使之符合最新国家与部门标准。在编写时,作者们重视基础性知识,精选传统内容,使传统内容与新知识之间建立起良好的知识构架;重视处理好教材各章节间的内部逻辑关系,力求符合学生的认识规律,使学习过程变得顺理成章;重视工程实践与教学实验,改变原教材过于偏重知识的倾向,力图引导学生通过实践训练,发展自己的工程实践能力;倡导创新实践训练,引导学生发现问题、提出问题、分析问题和解决问题,培养创新思维能力和群体协作能力。

本系列教材的编写和出版,是上海市本科教育高地建设的课程和教材改革中的一种尝试,一定会存在许多不足之处。希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

陈关龙

2008 年 12 月

前言



互换性与技术测量的发展与机械工业的发展密切相关,本课程因近代工业互换性生产的发展而产生,主要研究如何以公差、检测、标准来保证实现互换性生产。目前,互换性与技术测量课程已成为高等工科院校机械类和近机械类各专业必修的主干技术基础课程。它不仅将标准化领域的有关部分结合在一起,还涉及机械设计、机械制造、质量控制、生产组织管理等许多内容。

本书共分 10 章,主要围绕公差配合(第 1~7 章)与技术测量(第 8~10 章)两个方面展开,采用最新的国家标准,结合编者多年的实践经验和教学心得,并参考了许多同类教材编写而成。本书适用面广,教师可根据具体情况进行教学内容的取舍。

本书公差配合部分的描述依据教学大纲基本要求,侧重于阐述和解释国家工业基础标准以及标准的应用,力求语言简练,条理清楚。同时较详细地讲述了各种测量方法和测量器具,并给出了大量的应用实例,尽可能做到理论与实践相结合。全书各章后面设置了复习与思考,以配合教学需要,也便于读者自学。

本书由周玉凤和杜向阳担任主编,金全意担任副主编。周玉凤编写第 1~4 章和第 6 章,金全意编写第 5 章,杜向阳编写第 7~10 章。

由于编者的水平、时间有限,书中难免存在错误和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目录

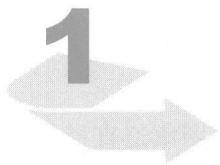
1	绪论	1
1.1	互换性概述	1
1.1.1	互换性的概念	1
1.1.2	互换性的分类及其在机械制造中的作用	1
1.1.3	实现互换性的条件	2
1.2	标准与标准化	3
1.2.1	标准的级别	3
1.2.2	标准的种类	4
1.3	优先数和优先数系	4
1.4	测量技术的重要性	7
1.5	本课程的性质与任务	7
	复习与思考	8
2	极限与配合	9
2.1	几何参数误差的种类	9
2.2	极限与配合的基本术语和定义	9
2.2.1	孔与轴的定义	9
2.2.2	有关尺寸的术语定义	10
2.2.3	有关偏差、公差的术语定义	11
2.2.4	有关配合的术语定义	13
2.3	标准公差和基本偏差系列	17
2.3.1	标准公差系列	17
2.3.2	基本偏差系列	19
2.4	公差带和配合的表示方法及其图样标注	25
2.4.1	公差带和配合的表示方法	25
2.4.2	公差带和极限偏差在零件图中的标注	25
2.4.3	配合在装配图中的标注	28

2.5	一般、常用和优先的公差带与配合	29
2.5.1	一般、常用和优先的公差带	29
2.5.2	常用和优先配合	29
2.6	线性尺寸的一般公差	31
2.6.1	一般公差的概念	31
2.6.2	线性尺寸的一般公差	31
2.7	极限与配合的选用	32
2.7.1	配合基准制的选择	32
2.7.2	公差等级的选择	33
2.7.3	选择配合的一般原则	35
	复习与思考	39
3	形状和位置公差	40
3.1	概述	40
3.1.1	形位公差的研究对象	40
3.1.2	形位公差的特征项目及符号	41
3.1.3	基准和基准体系	42
3.1.4	形位公差带的概念	43
3.2	形位公差的基本标注方法	44
3.2.1	形位公差代号	44
3.2.2	被测要素的标注方法	45
3.2.3	基准要素的标注方法	47
3.3	形位公差带	48
3.3.1	形状公差与公差带	48
3.3.2	形状或位置公差与公差带	50
3.3.3	位置公差与公差带	50
3.4	公差原则	56
3.4.1	独立原则	57
3.4.2	相关要求	57
3.5	形位公差的选择	68
3.5.1	形位公差项目的选择	68
3.5.2	基准的选择	69
3.5.3	形位公差值的选择	69
3.5.4	公差原则的选择	74
3.6	形状与位置公差未注公差值的规定	74
	复习与思考	76
4	表面粗糙度	78
4.1	表面结构	78

4.2	表面粗糙度的概念	79
4.2.1	表面粗糙度的定义	79
4.2.2	表面粗糙度对零件机械性能的影响	79
4.3	表面粗糙度的评定	80
4.3.1	基本术语	80
4.3.2	评定参数	83
4.4	表面粗糙度参数值及其选用	85
4.4.1	评定参数的选择	85
4.4.2	评定参数值的选择	85
4.5	表面粗糙度的标注	88
4.5.1	表面粗糙度的符号及代号	89
4.5.2	各项参数、符号的注写位置	89
4.5.3	表面粗糙度的标注方法及实例	92
	复习与思考	92
5	滚动轴承的公差与配合	93
5.1	概述	93
5.1.1	滚动轴承的组成和类型	93
5.1.2	滚动轴承的安装形式	94
5.2	滚动轴承的精度等级及应用	94
5.3	滚动轴承内径与外径的公差带及其特点	95
5.4	滚动轴承与轴和壳体的配合	97
5.4.1	轴颈和外壳孔的公差带	97
5.4.2	滚动轴承配合的选择	99
5.5	配合表面及端面形位公差和表面粗糙度	103
	复习与思考	105
6	键和花键的公差与配合	106
6.1	平键公差与配合	106
6.1.1	平键和键槽配合尺寸的公差带与配合种类	106
6.1.2	平键和键槽非配合尺寸的公差带	108
6.1.3	键槽的形位公差	108
6.1.4	平键和键槽的表面粗糙度	108
6.1.5	键槽尺寸和公差在图样上的标注	108
6.2	矩形花键	109
6.2.1	矩形花键的基本尺寸	109
6.2.2	矩形花键连接的几何参数和定心方式	110
6.2.3	矩形花键连接的公差与配合	111
6.2.4	矩形花键连接的形位公差和表面粗糙度	112

6.2.5	矩形花键连接的标记	114
	复习与思考	114
7	圆柱齿轮公差与配合应用	115
7.1	齿轮传动的使用要求	115
7.2	齿轮加工误差	116
7.3	圆柱齿轮传动精度的评定指标	119
7.3.1	传递运动准确性的评定指标	119
7.3.2	传动平稳性的评定指标	124
7.3.3	载荷分布均匀性的检测项目	128
7.3.4	影响侧隙的单个齿轮因素及其检测	130
7.4	齿轮副精度的评定指标	131
7.5	图样标注	134
7.6	圆柱齿轮传动精度设计	134
7.6.1	圆柱齿轮精度等级确定	134
7.6.2	齿轮误差检验组的选择	137
7.6.3	齿轮副精度设计	138
7.6.4	齿坯精度和齿轮各表面粗糙度	139
	复习与思考	140
8	几何量测量	142
8.1	概述	142
8.1.1	测量的基本概念	142
8.1.2	基准与量值传递	142
8.2	量块的基础知识	144
8.2.1	量块的分级	144
8.2.2	量块的分等	145
8.3	测量器具的测量方法	146
8.3.1	测量器具	146
8.3.2	测量方法	147
8.3.3	度量指标	148
8.4	测量误差及数据处理	149
8.4.1	测量误差与精度	149
8.4.2	各类测量误差的处理	152
8.4.3	测量结果的数据处理	157
	复习与思考	159
9	光滑极限量规	161
9.1	光滑极限量规作用与分类	161
9.2	光滑极限量规的公差	162
9.3	量规设计	165

9.3.1 量规形式的选择	165
9.3.2 量规极限尺寸的计算	165
9.3.3 量规的技术要求	167
复习与思考	168
10 机械零件精度设计	169
10.1 概述	169
10.2 轴类零件的精度设计	170
10.2.1 尺寸公差的确定	172
10.2.2 形位公差的确定	172
10.2.3 表面粗糙度的确定	174
10.2.4 轴类零件精度设计与标注实例	175
10.3 齿轮类零件精度设计	175
10.3.1 齿坯精度设计	175
10.3.2 齿轮啮合精度设计	176
10.3.3 齿轮精度设计实例	176
10.4 箱体类零件精度设计	178
10.4.1 油缸体精度设计实例	178
10.4.2 拨动叉几何精度设计实例	179
10.4.3 减速箱体几何精度设计实例	180
复习与思考	182
附录 A 表面粗糙度试验	183
A1 比较法检测表面粗糙度	183
A2 光切显微镜检测表面粗糙度	185
A3 干涉显微镜检测表面粗糙度	188
A4 表面粗糙度检查仪检测表面粗糙度	191
附录 B 圆柱齿轮检测实验	197
B1 径向跳动检查仪检测齿圈径向跳动	197
B2 周节仪检测齿距偏差和齿距累积误差	199
附录 C 轴类和箱体类零件的综合性检测实验	204
C1 箱体形位误差的测量	205
C2 精密心轴的测量	205
附录 D 齿轮设计性试验	208
参考文献	210



绪 论

1.1 互换性概述

1.1.1 互换性的概念

在工业及日常生活中经常会遇到这样的现象,如机器上丢了一个螺丝,按相同的规格购买一个,装上即可;灯泡坏了,可以更换一个新的;自行车、手表上的零部件磨损了,换一个相同规格的新的零部件,即能满足使用要求。这些现象说明零部件具有互换性。

零部件的互换性是指同一规格的零部件按照规定的技术要求(几何、物理及其他质量参数)制造,能够彼此相互替换而使用效果相同的性能。互换性体现了产品生产的三个过程:零部件在制造时按同一尺寸规格要求;装配时不需要选择或附加修配;装配成机器后能保证预定的使用性能。这样的零部件称为具有互换性的零部件。

1.1.2 互换性的分类及其在机械制造中的作用

1. 互换性的分类

1) 按互换参数的范围,可分为几何参数互换性和功能互换性

几何参数互换性主要是保证零部件的几何参数达到结合的要求,其中几何参数主要是指尺寸大小、几何形状(包括宏观与微观的几何形状)以及相互的位置关系等。功能互换性应保证使用要求,除了对零部件的几何参数有要求外,还对零部件的机械、物理、化学等性能方面的参数提出要求,如硬度、强度等。几何参数互换性被称为狭义互换性,而功能互换性被称为广义互换性,本课程只讨论几何参数互换性。

2) 按互换程度,可分为完全互换性与不完全互换性

完全互换性不限定互换范围,指零部件装配或更换时,无需挑选、辅助加工或修配就能顺利安装在机器上并能满足使用要求,如常见的螺栓、螺母、滚动轴承等标准件等都具有完全互换性。在大批量生产方式中,往往采用完全互换。

不完全互换性又称为有限互换。在装配精度要求很高时,若采用完全互换将要求零件的制造公差很小,导致加工困难、制造成本高,甚至无法加工。因此,采用不完全互换进行生产。为此,生产中往往把有关零件的精度适当降低,以便于制造;然后再根据实测尺寸的大小,将制成的相配零件分成若干组,使每组内的尺寸差别比较小;最后,再把相应的零件进行

装配,以保证使用要求,此法也称为分组互换法。

装配时允许用机械加工或钳工修刮等办法来获得所需的精度,称为修配法。用移动或更换某些零件以改变其位置和尺寸来达到所需精度的方法,称为调整法。

3) 对于标准部件或机构来讲,互换性又可分为内互换与外互换

内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换性,如滚动轴承内、外圈滚道直径与滚珠直径的配合。

外互换是指部件或机构与外部配件之间的互换性,如滚动轴承中的内圈与轴的配合,外圈与壳体孔之间的配合。

为了使用方便,滚动轴承的外互换为完全互换;其内互换因组成零件的精度要求高,加工困难,故采用分组装配,为不完全互换。

一般而言,不完全互换只限于部件或机构制造厂内部的装配。至于厂外协作,即便产量不大,往往也要求完全互换。采用完全互换、不完全互换或者修配,要由产品精度要求与复杂程度、产量大小、生产设备和技术水平等一系列因素决定。

2. 互换性在机械制造中的作用

(1) 在设计方面,最大限度地采用具有互换性的标准化零部件,可大大简化绘图和计算工作,缩短设计周期,同时便于实现计算机辅助设计。

(2) 在制造和装配方面,零件具有互换性,可以采用分散加工,集中装配,有利于厂际合作,也有利于组织专业化生产,采用先进工艺和高效率的专用设备,提高生产效率。

(3) 在使用与维修方面,可以减少机器的维修时间和费用,保证机器能连续持久的运转,提高了机器的使用寿命。

总之,互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面均具有重大意义。遵循互换性原则进行设计、制造和使用,可大大降低产品成本,提高生产率,降低劳动强度,同时也为标准化、系列化、通用化奠定了基础。所以,互换性原则是机械工业中的重要原则,是我们设计、制造中必须遵循的原则。

1.1.3 实现互换性的条件

要保证零件具有互换性,就必须保证零件几何参数的准确性。是否需要使同一规格的零件的几何参数完全一致呢?事实上这不但不可行,而且也没必要。由于加工过程中各种因素的影响,制得零件的几何参数总是不可避免地会偏离设计的理想要求,产生误差,就使加工后零件的几何参数与理想值不完全一致,其差别称为加工误差,也可称为几何参数误差。

零件具有几何参数误差后能否保证互换性呢?虽然零件的几何参数误差可能影响零件的使用性能,但只要零件的几何参数在规定的范围内变动,保证零件充分近似,就能满足互换的目的。要使零件具有互换性,就应按公差制造。公差就是由设计人员给定的允许零件的最大误差,即允许零件几何参数的变动范围。

因此,要使零件具有互换性,就应把零件的误差控制在规定的公差范围内,就是说,互换性要用公差来保证。设计者的任务就是正确地确定公差,并把它在图样上明确地表示出来。显然,在满足功能要求的条件下,公差应尽量规定得大一些,以获得最佳的技术经济效益。

1.2 标准与标准化

现代化工业生产的特点是规模大、协作单位多、互换性要求高。为了正确协调各生产部门和准确衔接各生产环节,必须有一种协调手段,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,成为一个有机的整体,以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段,是实现互换性的基础。

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,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。标准在一定范围内具有约束力。

标准制定的对象是重复性事物和概念,这里讲的重复性指的是同一事物或概念反复多次出现的性质。例如,批量生产的产品在生产过程中的重复投入、重复加工、重复检验等,同一类技术管理活动中反复出现同一概念的术语、符号、代号等。

标准化指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,针对重复性事物和概念,制定、发布、实施统一规定的全部活动过程。标准化是以标准形式体现的一个不断循环、不断提高的过程。标准化是组织现代化生产的重要手段之一,是实现专业化生产的必要前提,是科学管理的重要组成部分。

1.2.1 标准的级别

依据《中华人民共和国标准化法》规定,我国的标准级别分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级,下一级标准不得与上级标准的有关内容相抵触。国家标准、行业标准均可分为强制性和推荐性两种属性的标准,推荐性标准又叫非强制性标准。

保障人体健康、人身、财产安全的标准和法律、行政法规,规定强制执行的标准是强制性标准,其他标准是推荐性标准。省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定的工业产品安全、卫生要求的地方标准,在本地区域内是强制性标准。

推荐性国家标准的代号为 GB/T,强制性国家标准的代号为 GB。行业标准中的推荐性标准也是在行业标准代号后加个 T 字,如 JB/T 即机械行业推荐性标准,不加 T 字即为强制性行业标准。

1. 国家标准

对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准。国家标准由国务院标准化行政主管部门编制计划和组织草拟,并统一审批、编号、发布。国家标准的代号为“GB”。

2. 行业标准

对没有国家标准又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求,可以制定行业标准,作为对国家标准的补充。当相应的国家标准实施后,该行业标准应自行废止。行业标准的代号有多种,如 JB 为原机械工业部标准,YB 为原冶金工业部标准,HB 为原航天工业部标准等。

3. 地方标准

对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内实施统一的要求,可以制定地方标准。如:①工业产品的安全、卫生要求;②药品、兽药、食品卫生、环境保护、节约能源、种子等法律、法规规定的要求;③其他法律、法规规定的要求。

4. 企业标准

企业标准是对企业范围内需要协调、统一的技术要求、管理要求和工作要求所制定的标准。企业标准的代号为 QB。

此外,为适应某些领域标准快速发展和快速变化的需要,于 1998 年规定的四级标准之外,增加一种国家标准化指导性技术文件,作为对国家标准的补充,其代号为 GB/Z。

从世界范围看,更高级别的标准还有国际标准和区域标准。国际标准是由国际标准化组织(ISO)或国际电工委员会(IEC)制定的标准;区域标准(或国家集团标准)是由某个国家或某个国家集团制定的标准,如分别由欧共体(EN)、非洲地区(ARS)和阿拉伯(ASMO)制定的标准等。

1.2.2 标准的种类

通常按标准的专业性质,将标准划分为技术标准、管理标准和工作标准 3 大类。

1. 技术标准

对标准化领域中需要统一的技术事项所制定的标准称为技术标准。技术标准是一个大类,可进一步分为:基础标准、产品标准、工艺标准、检验和试验方法标准、设备标准、原材料标准、安全标准、环境保护标准、卫生标准等。其中的每一类还可进一步细分,如基础标准还可再分为:术语标准、图形符号标准、数系标准、公差标准、环境条件标准、技术通则性标准等。

本书主要涉及的是基础标准,它是指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。在下面的章节中将介绍《极限与配合》、《形状和位置公差》、《表面粗糙度》等国家标准。

2. 管理标准

对标准化领域中需要协调统一的管理事项所制定的标准叫做管理标准。管理标准主要是对管理目标、管理项目、管理业务、管理程序、管理方法和管理组织所作的规定。

3. 工作标准

为实现工作(活动)过程的协调,提高工作质量和工作效率,对每个职能和岗位的工作制定的标准叫做工作标准。

1.3 优先数和优先数系

制定公差标准以及设计零件的结构参数时,都需要通过数值表示。产品的参数值不仅与自身的技术特性有关,还直接或间接地影响与其配套的系列产品的参数值。如螺母直径的数值,影响并决定螺钉直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等系列产品的直径数值。由于

参数值间的关联产生的扩散称为数值扩散。

为满足不同的需求,产品必然出现不同的规格,形成系列产品。产品数值的杂乱无章会给组织生产、协作配套、使用维修带来困难,故需对数值进行标准化。

优先数就是一种对各种技术参数进行简化、协调和统一的一种科学的数值制度,它是一种无量纲的分级数系,适用于各种量值的分级。它又是十进制几何级数,对于标准化对象的简化和协调起着重要的作用,因此又是国际上一项统一的重要基础标准。19世纪末,法国的雷诺(C. Renard)为了对热气球上使用的绳索规格进行简化,每进5项值增大10倍(十进制几何级数),用以对绳索尺寸系列进行分级,结果把425种规格简化成17种,简化后形成的尺寸规格系列相当于现今优先数中的R5、R10、R20和R40等系列。为了纪念雷诺,故优先数又取名为R数系。

我国国家标准GB/T 321—2005《优先数和优先数系》规定了数值分级制度的主要内容。国家标准指明:确定产品的技术参数或参数系列时,必须最大限度地采用优先数和优先数系,以便使产品的参数选择及其后续工作一开始就纳入标准化的轨道。

GB/T 321—2005规定:优先数系是公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有10的整数幂几何级数的常用圆整值。采用符号R5、R10、R20、R40、R80表示,其中前四项为基本系列,公比如下:

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

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

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

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

R80系列称为补充系列,仅在参数分级很细或基本系列中的优先数不能适应实际情况时才考虑采用。R80系列的公比为

$$q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

派生系列是从基本系列或补充系列R_r中,每p项取值导出的系列,以R_{r/p}表示,比值r/p是1~10,10~100等各个十进制数内项值的分级数。

$$\text{公比:} \quad q_{r/p} = q_r^p = (\sqrt[p]{10})^p = 10^{p/r}$$

例如:在工程上还采用R10/3系列(派生系列),其公比 $q \approx 2$,即为在R10系列中每隔三项选一个数值组成的数系,即1.00,2.00,4.00,8.00,16.0,32.0,64.0,...

国家标准规定:优先数系中的各项值均为优先数。

根据优先数系的公比计算,可以得到优先数的各项理论值,这些理论值除了10的整数幂外均为无理数,在工程技术上无法直接应用,实际应用的是经过圆整后的常用值和计算值。基本系列的常用值见表1.1,补充系列R80的常用值见表1.2。

优先数系列相邻两项的相对差均匀,项值排列疏密适中,而且运算方便,简单易记,具有广泛的实用性。在设计各类产品时,如果产品的主要参数按优先数选用形成系列,可以减轻设计计算的工作总量,便于分析各参数之间的内在关系,可以用有限的产品规格系列最大限度地满足用户的多种需求。因此,优先数和优先数系被用来作为数值统一的标准,在各个工业发达国家得到了极其广泛的应用。

表 1.1 基本系列的常用值(摘自 GB/T 321—2005/ISO 3: 1973)

基本系列				基本系列			
R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	3.15	3.15	3.15
			1.06				3.55
		1.12	1.12			3.55	3.55
			1.18				3.75
	1.25	1.25	1.25		4.00	4.00	4.00
			1.32				4.25
		1.40	1.40			4.50	4.50
			2.5				4.75
	1.60	1.60	1.60		5.00	5.00	5.00
			1.70				5.30
		1.80	1.80			5.60	5.60
			1.90				6.00
		2.00	2.00	6.30	6.30	6.30	6.30
			2.12				6.70
			2.24			7.10	7.10
		2.50	2.36				7.50
			2.50		8.00	8.00	8.00
			2.65				8.50
		2.80	2.80			9.00	9.00
			3.00				9.50
2.50	2.50	2.50	2.50	10.00	10.00	10.00	10.00
			2.50				10.00

表 1.2 补充系列 R80 的常用值(摘自 GB/T 321—2005/ISO 3: 1973)

1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00
1.03	1.28	1.65	2.06	2.58	3.25	4.12	5.15	6.50	8.25
1.06	1.32	1.70	2.12	2.65	3.35	4.25	5.30	6.70	8.50
1.09	1.36	1.75	2.18	2.72	3.45	4.37	5.45	6.90	8.75
1.12	1.40	1.80	2.24	2.80	3.55	4.50	5.60	7.10	9.00
1.15	1.45	1.85	2.30	2.90	3.65	4.62	5.80	7.30	9.25
1.18	1.50	1.90	2.35	3.00	3.75	4.75	6.00	7.50	9.50
1.22	1.55	1.95	2.43	3.07	3.85	4.87	6.15	7.75	9.75