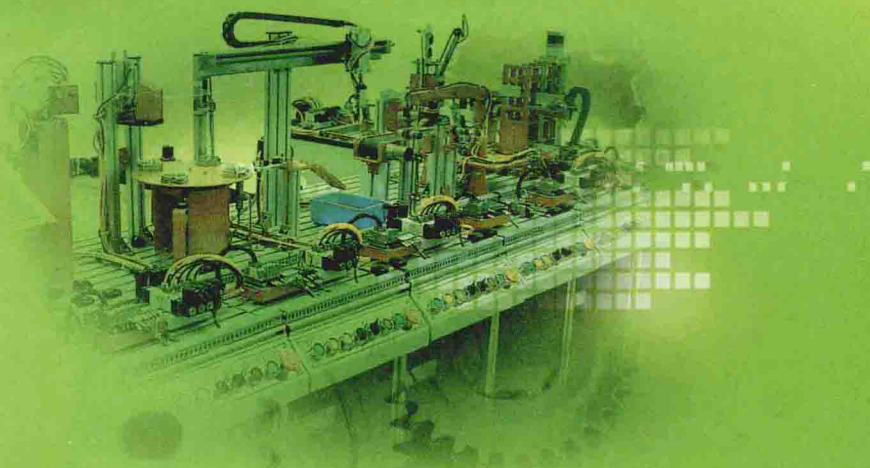


普通高等院校机械工程学科“卓越工程师教育培养计划”系列规划教材

互换性与测量 技术基础

HUHUANXING YU CELIANG
JISHU JICHU

◎主 编 何卫东



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等院校机械工程学科“卓越工程师教育培养计划”系列规划教材

互换性与测量 技术基础

主 编：何卫东

副主编：张秀娟 冷岳峰 刘 强 郭树国

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书涵盖了互换性与标准化、圆柱体结合尺寸精度互换性、几何公差、公差原则、表面粗糙度与检测、技术测量基础知识、圆锥和角度的公差与检测、滚动轴承的公差与配合、键连接的公差与检测、渐开线圆柱齿轮传动的互换性、普通螺纹的公差与配合、尺寸链等内容。每章后附练习题，在各章中均有解题所需的公差表格，以方便教学和读者自学。

书中采用最新国家标准，结合应用实例，重点介绍基本概念和标准的应用，较全面地介绍了机械测量技术几何量的各种误差检测方法和原理。

本书适用于高等院校机械类、机电类、材料成型类、仪器仪表类、机电设备类各专业使用，也可供有关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与测量技术基础/何卫东主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 7987 - 1

I. ①互… II. ①何… III. ①零部件 - 互换性 ②零部件 - 测量技术 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 172236 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京富达印务有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19.75

字 数 / 456 千字

版 次 / 2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 39.80 元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 陆世立

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

编委会名单

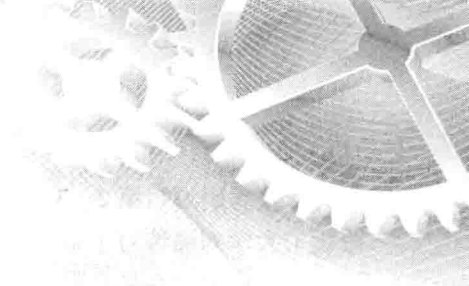
主任委员：毛 君 何卫东 苏东海
副主任委员：于晓光 单 鹏 曾 红 黄树涛
舒启林 回 丽 王学俊 付广艳
刘 峰 张 珂
委 员：肖 阳 刘树伟 魏永合 董浩存
赵立杰 张 强
秘 书 长：毛 君
副 秘 书 长：回 丽 舒启林 张 强
机械工程专业方向分委员会主任：毛 君
机械电子工程专业方向分委员会主任：于晓光
车辆工程专业方向分委员会主任：单 鹏

出版说明

根据教育部教高〔2011〕5号关于《“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件和“卓越工程师教育培养计划”的精神要求。为全面推进高等院校“质量工程”的实施，将教学改革的成果和教学实践的积累体现到教材建设和教学资源统合的实际工作中去，以满足不断深化的教学改革需要，更好地为学校教学改革、人才培养与课程建设服务，确保高质量教材进入课堂。为此，由辽宁工程技术大学机械工程学院、沈阳工业大学机械工程学院、大连交通大学机械工程学院、大连工业大学机械工程与自动化学院、辽宁科技大学机械工程与自动化学院、辽宁工业大学机械工程与自动化学院及汽车与交通工程学院、辽宁石油化工大学机械工程学院、沈阳航空航天大学机电工程学院、沈阳化工大学机械工程学院、沈阳理工大学机械工程学院及汽车与交通学院、沈阳建筑大学交通与机械工程学院等辽宁省11所理工科院校机械工程学科教学单位组建的专委会和编委会主导，经北京理工大学出版社、辽宁省11所理工科院校机械工程学科专委会各位专家近两年的精心组织、沟通调研、综合筹备，以创新、协作、融合、共赢、整合跨院校优质资源的工作方式，结合各院校对教学理念、专业建设等方面研究成果，按照当今最新的教材理念和立体化教材开发技术，本着“整体规划、制作精品、分步实施、落实到位”的原则确定编写机械工程、机械电子工程及车辆工程等机械工程学科课程体系教材。

本套丛书力求结构严谨、逻辑清晰、叙述详细、通俗易懂。同时注意尽量多给出一些应用实例，以突出学以致用、理论与实践相结合的教育特色。

辽宁省11所理工科院校机械工程学科建设及教材编写专委会



前言

Qianyan

“互换性与测量技术基础”是高等院校机械类、近机类各专业的必修的主干技术基础课，是架构在基础课、实践课和专业课之间的桥梁。课程主要包括标准化和计量学两部分，与机械设计、制造、质量控制等多方面紧密相关，是机械工程技术人员和管理人员必备的基础知识。

目前本学科的流行名称是“几何产品技术规范与认证”，并被国际标准化组织 ISO/TC213 简称为 GPS (Geometrical Product Specifications)。凡有尺寸大小和形状的产品都是几何产品，包括机械电子、仪器仪表、计算机和信息技术、航空航天、交通运输、家用电器、机器人、半导体和生物工程等产品，既包括传统机械产品，也包括高新技术和创新技术产品。产品几何规范 (GPS) 贯穿于所有几何产品的研究、开发、设计、制造、验收、出厂、使用、维护等全过程，覆盖领域极为广泛，其应用已经从工业领域渗透到了商业领域和国民经济的各个部门。随着新世纪知识的快速发展和经济全球化，基于产品几何规范的“标准和计量”体系的重要作用日益为国际社会所认同，其水平不但对国家制造业水平有决定作用，而且对国民经济发展有着重要影响。

我们熟悉的几何产品技术规范包括公差配合、几何公差、表面粗糙度等，其基本特征是以几何学为基础的，被称为第一代 GPS。几何学是经典的、确定性的数学方法，用于描述、限制具有随机特征的加工误差。它在理论上存在“先天不足”，在实际应用上，由于测量方法不统一，会导致产品合格评定纠纷。新一代 GPS 是以计量数学为基础，引入物理学中的物像对偶性原理，把规范过程 (标准) 与认证过程 (计量) 联系起来，并用“不确定度”的传递关系将产品的功能、规范、制造、测量认证集成一体，从而将解决一直困扰人们的基于几何学理论技术标准的烦琐以及由于测量方法不统一引起的测量评估失控问题。新一代的 GPS 是信息时代几何产品技术规范 and 计量认证综合为一体的新型国际标准，它标志着标准和计量进入了一个全新的时代。考虑到国内外的具体情况，第一代 GPS 在制造业中还有应用，由第一代 GPS 过渡到第二代 GPS 不仅需要一段时间，而且第二代 GPS 的产生是以第一代 GPS 为基础的。因此，本书既介绍第一代 GPS，也论述了第二代 GPS 的发展。

本书参考了现已出版的同类教材，融入编者多年的教学实践经验编写而成。在内容安排和叙述方式上，紧密结合教学大纲，把重点放在互换性的基础理论和基本知识方面。为突出几何量标准的特点、选用及图样标准，本书给出了应用示例和习题，以便做到理论联系实际，学以致用。同时，为了提供以后的课程设计、毕业设计所必需的参考资料，本书对圆锥和角度、滚动轴承、键与花键、普通螺纹的公差与配合，以及渐开线圆柱齿轮的精度设计等内容也作了简单介绍。

本书由大连交通大学何卫东主编，其中，大连交通大学何卫东编写第 1、3 章，大连交

通大学张秀娟编写第2、4、5章，辽宁工程技术大学冷岳峰编写第7、8、9、10、11章，沈阳化工大学刘强编写了第6章、郭树国编写了第12章。由何卫东统稿。

由于编者的水平有限，加之时间紧迫，书中难免存在许多缺点和不当之处，敬请广大读者批评指正。

第1章 互换性与标准化	001
1.1 互换性概述	001
1.2 标准化与优先数系	003
1.3 零件的误差、公差及检测	007
思考与习题	009
第2章 圆柱体结合尺寸精度互换性	010
2.1 公差与配合的基本术语及定义	010
2.2 标准公差系列	021
2.3 基本偏差系列	025
2.4 一般、常用和优先的公差带与配合	033
2.5 极限与配合标准的选用	036
思考与习题	058
第3章 几何公差	060
3.1 概述	060
3.2 形状公差	066
3.3 方向、位置公差	072
3.4 几何公差的标注方法	091
3.5 几何公差的选择方法	098
3.6 几何公差选择举例	106
3.7 几何误差的检测	107
思考与习题	116
第4章 公差原则	119
4.1 有关术语及定义	119
4.2 独立原则	122
4.3 包容要求	126
4.4 最大实体要求	129
4.5 最小实体要求	133

目 录

Contents

4.6 可逆要求	136
4.7 公差原则的选用	138
思考与习题	139
第5章 表面粗糙度与检测	141
5.1 概述	141
5.2 表面粗糙度标准	146
5.3 表面粗糙度的标注	152
5.4 表面粗糙度的参数选用	160
5.5 表面粗糙度的检测	164
思考与习题	169
第6章 技术测量基础知识	170
6.1 技术测量基本知识	170
6.2 计量器具与测量方法	175
6.3 光滑工件尺寸检验	182
6.4 光滑极限量规设计	189
思考与习题	198
第7章 圆锥和角度的公差及检测	199
7.1 概述	199
7.2 圆锥的基本术语及主要参数	200
7.3 圆锥公差和配合	201
7.4 圆锥角的检测	209
思考与习题	210
第8章 滚动轴承的公差与配合	211
8.1 滚动轴承的精度等级及其应用	211
8.2 滚动轴承公差带	214
8.3 滚动轴承与轴颈及外壳孔的配合选用	217

思考与习题	227
第9章 键连接的公差与检测	229
9.1 平键连接的公差与配合	229
9.2 矩形花键连接的公差与配合	232
思考与习题	235
第10章 渐开线圆柱齿轮传动的互换性	236
10.1 齿轮传动的性能要求	236
10.2 圆柱齿轮精度的评定指标	238
10.3 齿轮副精度的评定指标	244
10.4 圆柱齿轮的精度设计	248
10.5 齿轮精度检测	262
思考与习题	271
第11章 普通螺纹的公差与配合	273
11.1 普通螺纹的基本牙型和几何参数	273
11.2 螺纹几何参数偏差对互换性的影响	275
11.3 普通螺纹的公差与配合	278
11.4 普通螺纹的测量	283
11.5 机床丝杠和螺母的公差与配合	286
思考与习题	291
第12章 尺寸链	292
12.1 尺寸链的基本概念	292
12.2 尺寸链的计算方法	295
思考与习题	300
参考文献	301



第1章 互换性与标准化

【本章知识点】

本章主要介绍了互换性的起源、含义和分类，并介绍了标准、标准化和优先数系等概念，本章涉及以下国家标准的有关内容：

GB/T 2000.1 - 2002	标准化工作指南	第1部分：标准化和相关活动的通用词汇
GB/T 321 - 2005	优先数与优先数系	

1.1 互换性概述

1.1.1 互换性的起源

互换性原理最早始于兵器制造。在中国，早在战国时期（公元前476 - 前222）生产的兵器便能符合互换性要求。例如：西安秦始皇陵兵马俑坑出土的大量弩机，其青铜方头圆柱销和销孔已能保证一定的间隙配合，符合互换性要求。

18世纪初，美国批量生产的火枪实现了零件互换。随着织布机、缝纫机和自行车等新的机械产品的大批量生产的需要，又出现了高精度工具和机床，促使互换性生产由军火工业迅速扩大到一般机械制造业。现在，互换性的应用就更加广泛和丰富了，例如：轴承、螺纹连接件、联轴器等标准件都具有互换性。

1.1.2 互换性的含义

互换性（interchangeability）是指在相同规格的一批零件或部件中，能够彼此互相替换使用而效果相同的性能。具有这种性质的零部件，我们称之为具有互换性。例如，汽车、拖拉机、缝纫机、自行车和仪器仪表的零件都是按照互换性要求生产的。在使用中，当有些零件（如活塞、曲轴、轴承等）损坏而需要更换时，它们不需任何钳工修配即可进行装配，而且能完全满足使用要求，这样的一些零件称为具有互换性的零件。在现代生产中互换性已成为一个普遍遵循的原则。互换性对机器的制造、设计和使用都具有十分重要的意义。



1.1.3 互换性的分类

互换性的分类多种多样,按照互换性的形式和程度不同,可把互换性分为完全互换性与不完全互换性。

1. 完全互换性 (complete interchangeability)

完全互换性是指同种零、部件加工完成后,不需经任何选择、调整或修配等辅助处理,便可顺利装配,并在功能上达到使用性能要求。在大批大量生产中,往往采用具有完全互换性的零件,如常见的螺栓、螺母、滚动轴承等标准件。

完全互换性的优点是做到零、部件的完全互换、通用,为专业化生产和相互协作创造了条件,简化了修整工作,从而提高经济性。其主要缺点是当组成产品的零件较多、整机精度要求较高时,按此原则分配到每一个零件上的公差必然较小,造成加工制造困难和制造成本增高。

2. 不完全互换性 (incomplete interchangeability)

不完全互换性是指同种零、部件加工完成后,在装配前需经过选择、分组、调整或修配等辅助处理,才可顺利装配,在功能上才能达到使用性能要求。在不完全互换性中,按实现的方法不同又可分为:

1) 分组互换

分组互换是指同种零、部件加工完成后,在装配前首先需要进行检测分组,然后按组进行装配,例如孔和轴的装配时,大孔配大轴,小孔配小轴。仅同组的零、部件可以互换,组与组之间的零、部件不能互换。例如:滚动轴承内、外圈与滚动体的结合(如图1-1(a)所示)、活塞销与活塞销孔(如图1-1(b)所示)、连杆孔的结合(如图1-1(c)所示),就是按分组互换装配的。

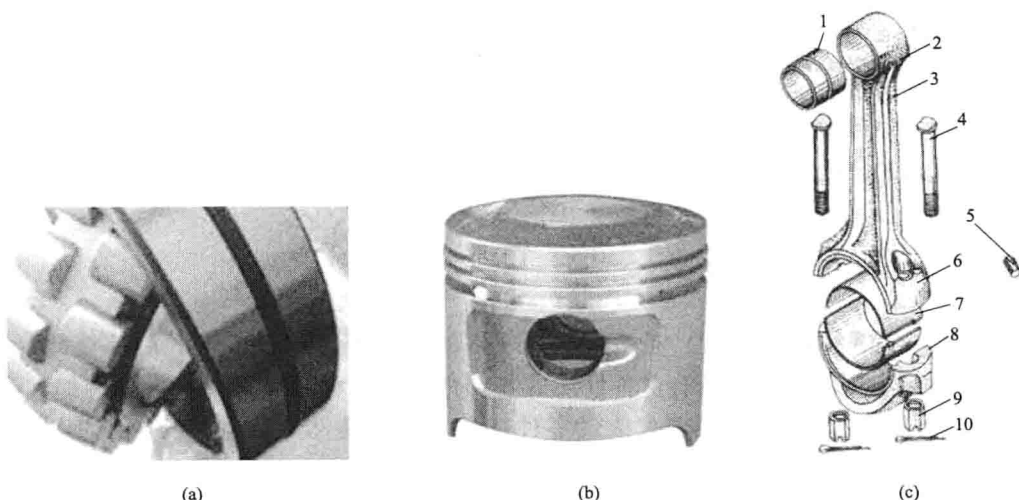


图 1-1 分组互换

1-衬套; 2-小端; 3-杆身; 4-连杆螺栓; 5-定位筒; 6-大端;
7-连杆轴瓦; 8-大端盖; 9-连杆螺母; 10-开口销

2) 调整互换

调整互换是指同种零、部件加工后,在装配时需要用调整的方法改变它在部件或机构中的尺寸或位置,方能满足功能要求的。如图1-2所示,燕尾导轨中的调整镶条,在装配时要沿导轨移动方向调整它的位置,方可满足间隙的要求。

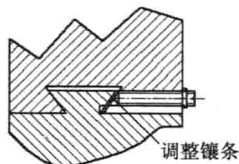


图1-2 燕尾导轨

3) 修配互换

修配互换是指同种零、部件加工后,在装配时要用去除材料的方法改变它的某一实际尺寸的大小,方能满足功能上的要求。如图1-3所示,普通车床尾座部件中的垫板,在装配时要对其厚度再进行修磨,方可满足普通车床头架与尾架顶尖中心等高的精度要求。

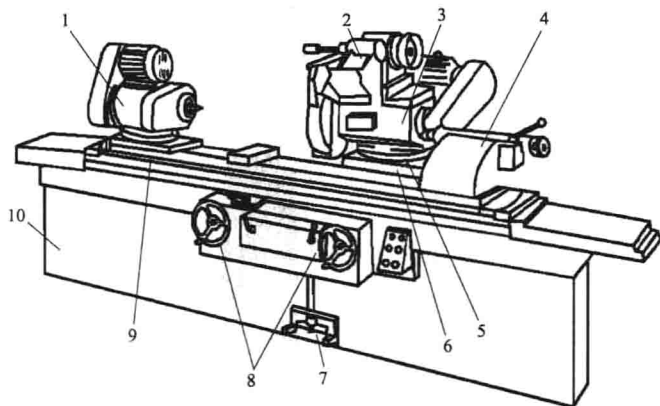


图1-3 普通车床尾座

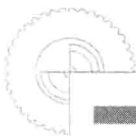
1-头架;2-内磨圆装置;3-砂轮架;4-尾座;5-滑鞍;6-垫板;
7-脚踏操纵板;8-手轮;9-工作台;10-床身

不完全互换性的优点是在保证装配、配合功能要求的前提下,能适当放宽制造公差,使得加工容易、降低零件制造成本。装配时,通过采用上述的一些措施,便能获得质量较高的产品。主要缺点是降低了互换性水平,不利于部件或机器的装配维修。

1.2 标准化与优先数系

1.2.1 标准 (standard) 与标准化 (standardization) 的含义

在国标 GB/T 2000.1-2002 中,把“标准”定义为:对重复性事物和概念所做的统一规定。“标准”即是一种“规定”,它的制订是以科学、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。制订“标准”是“标准化”中的一项工作。

1. 标准化的意义

当今，任何产品的组成零件都可以在不同车间、不同工厂、不同地区甚至于不同国家生产和协作完成。如阿波罗宇宙飞船，据统计，其参加研制的单位、公司有两万多家，大学和研究所 120 多所，涉及 42 万人次。显然。每项产品在生产过程中都要依赖各方面的工作人员以及有关企业，提供技术、原料、动力、设备、配件、协作件和工具等的支持，否则，生产就会中断。生产越发展，生产的社会化程度越高，企业之间的联系就越密切。为使各个独立的、分散的工作者，工业部门或工厂企业之间保持必要的技术协调和统一，必须有一种手段，这就是“标准化”。为达到上述目的，关键的工作是加强标准化与质量管理。

2. 标准的分类

如图 1-4 所示，标准可以按不同的方法分类。标准按照其性质，可分为技术标准、管理标准和工作标准。技术标准按照标准化对象的特征，又可分为基础标准、产品标准、方法标准和安全、卫生与环境保护标准等。

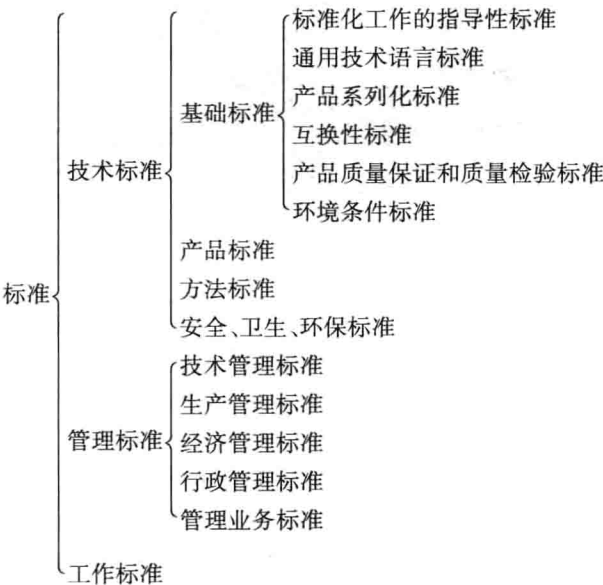


图 1-4 标准分类

1.2.2 优先数和优先数系

1. 数值传播

在生产中，当选定一个数值作为某种产品的参数指标时，这个数值就会按一定的规律向一切相关的制品、材料等的有关参数指标传播扩散。如图 1-5 所示，当螺钉的公称直径数值确定后，不仅会传播到与之配合的螺孔的相应参数上，而且必然会传播到加工和检验的刀具（钻头、丝锥）、量具（螺纹塞规）及防松零件（垫圈）等的相应参数上。这种技术参

数的传播在生产实践中是极为普遍的现象,既发生在相同量值之间,也发生在不同量值之间,并且跨越行业和部门的界限。这种情况可称为数值的横向传播。

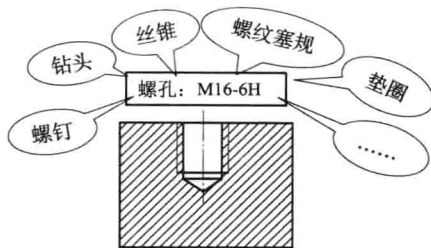


图 1-5 数值传播

2. 对数系的要求

如前所述,在工业生产中需要用统一的数系协调各部门的生产。对各种技术参数分级,已成为现代工业生产的需要。因此,对数系有下列要求:(1)彼此相关,疏密适当;(2)能两端延伸和中间插入;(3)两相邻数的相对差为定值;(4)积商后仍为数系中的数;(5)十进制。

3. 优先数系 (series of preferred numbers)

优先数系起源于 1877 年,当时,为了减少系热汽球的绳索尺寸种类,法国人雷诺(C. Renard)按等比数列分级,将 425 种绳索规格整理简化为 17 种。故后人以他的名字命名优先数系,根据国标 GB/T 321-2005 分别写作 R5、R10、R20、R40 和 R80 系列。优先数系可以分为基本系列、补充系列和变形系列三种。

1) 基本系列

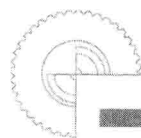
先考察几何级数: $aq^0, aq^1, aq^2, aq^3, aq^4, aq^5, \dots, aq^n, \dots$

现要求在这个级数中建立一个数系,该数系每隔五项数值增加十倍:即令 $aq^5 = 10aq^0$, 又令 $a = 1$, 所以 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ 。由此得公比为 $q_5 = \sqrt[5]{10}$ 的等比数列: 1, 1.6, 2.5, 4.0, 6.3, 10。这个数列称为 R5 系列。

又令 $aq^{10} = 10aq^0$, 即该数系每隔十项数值增加十倍, 令 $a = 1$, 所以 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$, 又得数列: 1, 1.25, 1.6, 2.00, 2.5, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10, 这个数列称为 R10 系列。同理可得, $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$ 和公比为 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$ 的 R20 和 R40 数系。国标 GB/T 2000.1-2002 规定: R5、R10、R20、R40 四个系列,是优先数系中的常用系列,称为基本系列。该系列各项数值如表 1-1 所示。

表 1-1 优先数的基本数列 (摘自 GB/T 321-2005)

基本系数 (常用值)				计算值	基本系数 (常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40		R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.000 0		1.25	1.25	1.25	1.258 9
			1.06	1.059 3				1.32	1.333 5
		1.12	1.12	1.122 0			1.40	1.40	1.412 5
			1.18	1.188 5				1.50	1.496 2



续表

基本系数（常用值）				计算值	基本系数（常用值）				计算值
R5	R10	R20	R40		R5	R10	R20	R40	
1.60	1.60	1.60	1.60	1.584 9				4.25	4.217 0
			1.70	1.678 8			4.50	4.50	4.466 8
		1.80	1.80	1.778 3				4.75	4.731 5
			1.90	1.883 6		5.00	5.00	5.00	5.011 9
	2.00	2.00	2.00	1.995 3				5.30	5.308 8
			2.12	2.113 5			5.60	5.60	5.623 4
		2.24	2.24	2.238 7				6.00	5.956 6
			2.36	2.371 4	6.30	6.30	6.30	6.30	6.309 6
2.50	2.50	2.50	2.50	2.511 9				6.70	6.683 4
			2.65	2.600 7			7.10	7.10	7.079 5
		2.80	2.80	2.818 4				7.50	7.498 9
			3.00	3.085 4		8.00	8.00	8.00	7.943 3
	3.15	3.15	3.15	3.162 3				8.50	8.414 0
			3.35	3.349 7			9.00	9.00	8.912 5
		3.55	3.55	3.548 1				9.50	9.440 6
			3.75	3.759 4	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000 0
4.00	4.00	4.00	4.00	3.981 1					

2) 补充系列

R80 系列称为补充系列。公比 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$ ，其代号表示方法与基本系列相同，以上是国标 GB/T 321 - 2005 规定的五种优先数系。

3) 变形系列

变形系列主要有三种：派生系列、移位系列和复合系列。

(1) 派生系列，是从基本系列或补充系列 R_r 中（其中 $r = 5, 10, 20, 40, 80$ ），每隔 p 项取值导出的系列，即从每相邻的连续 p 项中取一项形成的等比系列。派生系列的代号表示方法为：

系列无限定范围时，应指明系列中含有的一个项值，但是如果系列中含有项值 1，可简写为 R_r/p 。例如， $R_{10}/3$ 表示系列为 $\dots, 1, 2, 4, 8, 16, \dots$ ；又例如， $R_{10}/3 (\dots, 80, \dots)$ 表示含有项值 80 并向两端无限延伸的派生系列。

系列有限定范围时，应注明界限值，例如， $R_{20}/4 (112, \dots)$ 表示以 112 为下限的派生系列； $R_{40}/5 (\dots, 60)$ 表示以 60 为上限的派生系列； $R_5/2 (1, \dots, 10\,000)$ 表示以 1 为下限和 10 000 为上限的派生系列。

派生系列的公比为：公比为 $q_{r/p} = (\sqrt[p]{10})^p$ 。



例如, 派生系列 $R10/3$, 它的公比 $q_{10/3} = (\sqrt[10]{10})^3 \approx 2$ 。首先, 写出 $R10$ 系列如下:

$R10$ 系列: 1, 1.25, 1.6, 2.00, 2.5, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10

由于第一项是 1, 所以 $R10/3$ 系列: 1, 2.00, 4.00, 8.00, ...。同理, 可以得出

$R10/3$ (1.25...): 1.25, 2.50, 5.00, 10.00, ...。

(2) 移位系列, 也是一种派生系列, 它的公比与某一基本系列相同, 但项值与该基本系列不同。例如, 项值从 2.58 开始的 $R80/8$ 系列, 是项值从 2.50 开始的 $R10$ 系列的移位系列:

$R80/8$: 2.58, 3.25, 4.12, ...

$R10$: 2.5, 3.15, 4.00, ...

则 $R80/8$ 为 $R10$ 系列的移位系列, 其公比与 $R10$ 系列相同。

(3) 复合系列, 是指由几个公比不同的系列组合而成的变形系列, 或以某一系列为主, 从中删去个别数值, 而加上邻近系列的数值形成的系列。亦即从一个系列或多个系列中取值。例如, 10, 16, 25, 35.5, 47.5, 63, 80, 100 即为一复合系列。其中 10, 16, 25 为 $R5$ 系列; 25, 35.5 为 $R20/3$ 系列; 35.5, 47.5, 63 为 $R40/5$ 系列; 63, 80, 100 为 $R10$ 系列。例如 0.6 ~ 3600 kW 感应电动机系列也为复合系列。

4. 优先数系的应用

优先数系不仅应用于标准的制订, 且在技术改造设计、工艺、实验、老产品整顿简化等诸多方面都应加以推广, 尤其在新产品设计中, 要遵循优先数系。例如: 普通螺纹公差自 3 级精度开始其公差等级系数为: 0.50, 0.63, 0.80, 1.00, 1.25, 1.60, 2.00, 组成了公比为 1.25 的 $R10$ 系列优先数系。

1.3 零件的误差、公差及检测

任何一台机器中的零件都是按一定的工艺过程、通过加工所得到的。由于加工设备与工艺方法的不完善, 不可能做到零件的尺寸和形状都绝对符合理想状态, 设计参数与实际参数之间总是有误差的。为了保证零件的使用性能及制造的经济性, 设计时必须合理地提出几何精度要求, 即规定公差值, 把加工误差限制在允许的范围内。

1.3.1 误差 (error)

在加工的过程中, 必然会产生误差, 只要误差的大小不影响机器的使用性能, 可以允许存在一定的误差, 误差分类如下:

1. 尺寸误差 (size error)

尺寸误差是指加工后一批零件的实际尺寸相对于理想尺寸的偏差范围。如直径误差、长度误差等。当加工条件一定时, 尺寸误差表征了该加工方法的精度。如图 1-6 所示, 齿轮衬套零件图中长度为 $30_{-0.1}^0$ mm, 若轴的实际长度为 29.99 mm, 则此轴的尺寸误差为 -0.01 mm。