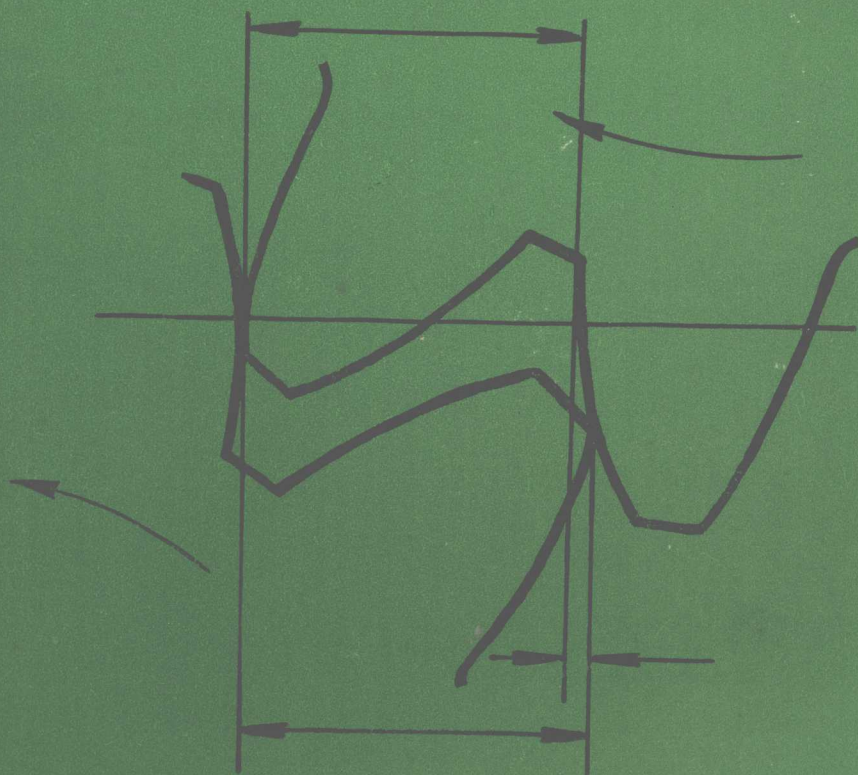


刘品 主编

HU HUAN XING  
YU CE LIANG JI SHU  
JI CHU

# 互换性与测量技术基础

第三次修订



哈尔滨工业大学出版社

TG801

43-4(A)

TG801  
13=4

# 互换性与测量技术基础

(第三次修订)

刘 品 主编

江苏工业学院图书馆  
藏书章

1032T  
A-81  
(A)P-84  
(黑)新登字第4号

## 内 容 简 介

本书为高等工科院校机械类各专业技术基础课教材。内容包括：互换性与标准化的基本概念、测量技术基础、尺寸公差与圆柱结合的互换性、形状与位置公差、表面粗糙度、量规与光滑工件尺寸的检验、滚动轴承与结合件的互换性、圆锥结合的互换性、键、花键结合的互换性、螺纹结合的互换性、齿轮传动的互换性和尺寸链基础共十二章。

本书内容全部按最新国家标准编写，力求遵循教学规律。本书全面系统地阐述了公差与测量的基本知识、各种典型零件精度设计基本原理和方法，以及各种公差新标准在设计中的应用。书中每章均附有一些基本表格、思考题和作业题，以配合教学的需要，及便于读者自学。

本书供高等工科院校机械类专业及职工大学等同类专业师生在教学中使用，也可供从事机械设计、机械制造、标准化、计量测试等工作的工程技术人员参考。

互换性与测量技术基础

刘品 主编

\*

# 前 言

《互换性与测量技术基础》是高等工科院校机械类(包括精密仪器类)各专业的一门重要技术基础课程。互换性与测量技术是与机械工业紧密联系的一门基础学科。它不仅将标准化与计量学的有关部分有机地结合在一起,而且涉及机械设计、机械制造、质量控制、生产组织、管理等许多方面。

本书是在1992年5月出版的《互换性与测量技术基础》(修订本)(高延新主编,哈尔滨工业大学出版社出版)一书的基础上,参考1990年10月高等工业学校《互换性与测量技术基础》课程教学指导小组审定的高等工业学校《互换性与测量技术基础》课程教学基本要求(试用稿)修订编写的。

在本次修订中,参考了现已出版的同类教材,融入了编者多年的教学经验,突出体现了以下几点:1)紧密结合教学大纲,精减了一些在课堂上不易讲授的典型零件测量方法的内容(此部分内容放在实验课中讲授),力求做到少而精,便于自学;2)全部采用了最新的国家标准,而且侧重于新标准的应用;3)为了做到理论联系实际,学以致用,增加了一些结合实际选用实例和习题;4)充分扩大本书的适用面,既适用于多学时类型(50学时左右)讲授,也适用于少学时类型(30~40学时)讲授。对少学时类型,可根据专业的不同情况,个别章节可不讲授或扼要地介绍;5)为使本书能够全面地介绍新标准和给学生提供今后进行课程设计、毕业设计必要的参考资料,这次修订中对圆锥配合制、位置量规设计、圆锥齿轮和蜗杆传动公差等内容作了简单介绍。

本书由哈尔滨工业大学刘品主编,那晓风、陈丽艳为副主编;高延新主审。这次参加本书修订的还有哈尔滨船舶工程学院、东北重型机械学院、佳木斯工学院、辽宁工学院、黑龙江商学院、郑州粮食学院、西安公路学院、东北林业大学、吉林林学院、吉林农业大学、阜新矿业学院、黑龙江矿业学院等兄弟院校长期从事本门课程教学的教师(按姓氏笔划排列):丁雪梅、马和、马忠良、王文义、田克华、曲恩、孙永年、李东升、张宝森、周全中、金洪官、姜乃厚、查洪庆、柴志祥、解汝升、雷宏。

由于我们的教学经验存在着局限性,学术水平有限,书中的缺点和错误肯定难免,诚恳地欢迎广大读者批评指正。

编 者

1993年2月

# 目 录

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 绪 论 .....                   | (1)   |
| 第一章 互换性与标准化的基本概念 .....      | (3)   |
| 1-1 互换性及其在机械制造中的作用 .....    | (3)   |
| 1-2 标准化与优先数系 .....          | (5)   |
| 1-3 公差与配合制的基本术语和定义 .....    | (11)  |
| 习题一 .....                   | (23)  |
| 第二章 测量技术基础 .....            | (25)  |
| 2-1 测量的基本概念 .....           | (25)  |
| 2-2 计量器具和测量方法分类、度量指标 .....  | (30)  |
| 2-3 测量误差及数据处理 .....         | (34)  |
| 习题二 .....                   | (45)  |
| 第三章 尺寸公差与圆柱结合的互换性 .....     | (47)  |
| 3-1 概述 .....                | (47)  |
| 3-2 标准公差系列——公差带大小的标准化 ..... | (49)  |
| 3-3 基本偏差系列——公差带位置的标准化 ..... | (53)  |
| 3-4 公差与配合的选用 .....          | (60)  |
| 习题三 .....                   | (80)  |
| 第四章 形状与位置公差 .....           | (83)  |
| 4-1 基本概念 .....              | (83)  |
| 4-2 形位公差及其公差带分析 .....       | (84)  |
| 4-3 形位误差及其评定 .....          | (93)  |
| 4-4 公差原则及其应用 .....          | (98)  |
| 4-5 形位公差的选用与标注 .....        | (102) |
| 习题四 .....                   | (113) |
| 第五章 表面粗糙度 .....             | (117) |
| 5-1 基本概念 .....              | (117) |
| 5-2 表面粗糙度的评定 .....          | (119) |
| 5-3 表面粗糙度的选用与标注 .....       | (124) |
| 习题五 .....                   | (130) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| <b>第六章 量规与光滑工件尺寸的检验</b>   | (132) |
| 6-1 光滑极限量规                | (132) |
| 6-2 位置量规                  | (137) |
| 6-3 光滑工件尺寸的检验             | (141) |
| 习题六                       | (146) |
| <b>第七章 滚动轴承与孔、轴结合的互换性</b> | (148) |
| 7-1 概述                    | (148) |
| 7-2 滚动轴承的精度等级及其应用         | (148) |
| 7-3 滚动轴承与孔、轴结合的公差与配合      | (151) |
| 7-4 滚动轴承与孔、轴结合的配合选用       | (152) |
| 习题七                       | (159) |
| <b>第八章 圆锥结合的互换性</b>       | (161) |
| 8-1 概述                    | (161) |
| 8-2 圆锥几何参数误差对圆锥配合的影响      | (164) |
| 8-3 圆锥公差与配合               | (166) |
| 习题八                       | (172) |
| <b>第九章 键结合、花键结合的互换性</b>   | (173) |
| 9-1 平键结合的互换性              | (173) |
| 9-2 矩形花键结合的互换性            | (176) |
| 习题九                       | (181) |
| <b>第十章 螺纹结合的互换性</b>       | (183) |
| 10-1 螺纹结合的使用要求和主要几何参数     | (183) |
| 10-2 螺纹主要几何参数误差对其互换性的影响   | (186) |
| 10-3 作用中径及其合格条件           | (188) |
| 10-4 普通螺纹的公差与配合           | (189) |
| 10-5 普通螺纹公差与配合的选用         | (193) |
| 习题十                       | (196) |
| <b>第十一章 齿轮传动的互换性</b>      | (197) |
| 11-1 齿轮传动的使用要求及其标准的有关规定   | (197) |
| 11-2 影响圆柱齿轮传动质量的因素及其检验参数  | (200) |
| 11-3 圆柱齿轮公差的选用            | (213) |
| 11-4 圆锥齿轮公差与选用            | (225) |
| 11-5 蜗杆传动的公差与选用           | (229) |
| 习题十一                      | (239) |
| <b>第十二章 尺寸链基础</b>         | (241) |
| 12-1 尺寸链的基本概念             | (241) |
| 12-2 用极值法解尺寸链             | (245) |

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 12-3 用概率法解尺寸链 .....  | (253) |
| 12-4 解尺寸链的其它方法 ..... | (258) |
| 习题十二 .....           | (260) |
| 主要参考文献 .....         | (263) |

# 绪 论

## 一、本课程的研究对象和任务

《互换性与测量技术基础》是高等工科院校机械、仪器仪表类及有关专业的一门技术基础课。它和《机械原理》、《机械零件》等课程一样,是机械设计的基础部分。本课程的研究对象是机械或仪器零部件的精度设计及其检测原理,即几何参数的互换性。在教学计划中,它是联系机械设计和机械制造工艺课的纽带,是从基础课过度到专业课的桥梁。尤其是近年来,随着生产和科学技术的飞速发展,对机械零件标准化要求越来越高,因此本课程又充实了应用最新技术基础标准,介绍国际先进技术,提高产品质量的措施等内容。本课程不仅为高等学校有关专业学生的必修课,而且也是厂矿企业、科研单位的工程技术人员必须掌握的一门知识。

高等学校有关专业的学生通过本课程的学习,可以完成下列任务:

1. 建立互换性、标准化的概念,掌握机械零部件精度设计的基本原理和方法;了解典型零件公差与配合标准的组成和应用;合理地确定各种典型零件的制造精度。这些都是保证产品质量的重要手段。

2. 进一步加强基本理论、基本知识和基本技能的学习和训练。本课程的理论基础是误差理论,其基本理论的研究方法是数理统计,具体研究的对象是机器零部件的精度设计,并且通过一定的计量测试方法保证设计要求的实现。显然,本课程既有坚实的基本理论,又有广泛的基本知识(确定和分析零件精度的概念)和基本技能(即典型零件的测试方法),成为对学生进行“三基”训练的重要环节。

3. 进一步培养学生分析问题和解决问题的能力。本课程是一门实践性很强的课程,无论是对零件的精度设计,还是对零件检测方法的确定,都需要和生产实际密切结合。只有深入了解各种生产实际因素的影响,灵活运用所学得的知识,熟练查阅各种标准表格和资料,正确使用各种典型测量工具,才能较好地完成本课程的任务。因此,通过本课的学习,不仅能提高学生分析问题和解决问题的能力,还能使他们的独立工作能力及动手能力得到训练和提高。

## 二、本课程的特点和学习方法

本课程是由互换性原理和测量技术基础两部分组成的。互换性是零部件精度设计的基本内容,它和标准化关系十分密切;测量技术基础属于计量学的范畴,是论述零部件的测量原理、方法及测量误差处理等内容。因此,本课程的特点是:术语定义多,符号、代号

多、标准规定多,经验解法多。所以,对于刚学完系统性较强的理论基础课的学生,往往感到概念难记,内容繁多。而且,从标准规定上看,原则性强;从工程应用上看,灵活性大。这对初学者来说,较难掌握。但是,正像任何东西都离不开主体,任何事物都有它的主要矛盾一样,本课程尽管概念很多,涉及面广,但各部分都是围绕着以保证互换性为主的精度设计问题,介绍各种典型零件几何精度的概念,分析各种零件几何精度的设计方法,论述各种零件的检测规定等。所以在学习中应注意及时总结归纳,找出它们之间的关系和联系。学生要认真按时完成作业,认真做实验和写实验报告,实验课是本课程验证基本知识,训练基本技能,理论联系实际的重要环节。此外,在后续课程,例如机械零件设计、工艺设计、毕业设计中,都应正确、完整地把本课程中学到的知识应用到工程实际中去。

# 第一章 互换性与标准化的基本概念

## 1-1 互换性及其在机械制造中的应用

### 一、互换性的定义

什么叫互换性? 在人们的日常生活中, 有大量的现象涉及到互换性。例如机器或仪器上掉了一个螺钉, 按着相同的规格买一个装上就行了; 灯泡坏了, 买一个安上即可; 汽车、拖拉机, 乃至自行车、缝纫机、手表中某个机件磨损了, 也可以换上一个新的, 便能满足使用要求等。

可见, 互换性是能保证独立制造的机器或仪器的零件、部件不经修配就能装配(或在修理中更换)成符合技术要求的组件, 而组件不经修配就能装配成符合技术要求的产品的特性。为了保证零件和部(组)件的互换性, 零件应当按规定的精度制造, 也就是说零件的尺寸、形状以及其它参数处在产品设计所给定的界限之内。由此, 可将互换性的含义表达为: “机械制造中的互换性, 是指按规定的几何、物理及其它质量参数的公差, 来分别制造机械的各个组成部分, 使其在装配与更换时, 不需辅助加工及修配便能很好地满足使用和生产上的要求。”

显然, 互换性应同时具备两个条件: ①不需辅助加工及修配便能装配与更换; ②装配与更换后能满足使用和生产上的要求。

互换性不仅涉及产品制造中零件及部件的可装配性, 而且还涉及机械设计、生产及其使用的重大技术和经济问题。

### 二、互换性的分类

在生产中, 按互换性的程度可将其分为完全互换(绝对互换)与不完全互换(有限互换)。

若零件在装配或更换时, 不需选择、不需辅助加工与修配, 则其互换性为完全互换性。当装配精度要求较高时, 采用完全互换将使零件制造公差很小, 加工困难, 成本很高, 甚至无法加工。这时, 可将零件的制造公差适当地放大, 使之便于加工, 而在零件完工后, 再用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组, 使每组零件间实际尺寸的差别减小, 装配时按相应组进行(例如, 大孔与大轴相配, 小孔与小轴相配)。这样, 即可保证装配精度和使用要求, 又能解决加工困难, 降低成本。此时, 仅组内零件可以互换, 组与组之间不可互换, 故称为不完全互换性。

对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相配件间的互换性,例如,滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与机座孔的配合。

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、外圈滚道直径与滚珠(滚柱)直径的装配。

为使用方便起见,滚动轴承的外互换采用完全互换,而其内互换则因其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。一般地说,不完全互换只用于部件或机构的制造厂内部的装配。至于厂外协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。

究竟是采用完全互换,还是不完全互换,或者部分地采用修配调整,要由产品精度要求与复杂程度、产量大小(生产规模)、生产设备、技术水平等一系列因素决定。

应该指出,保证零件具有互换性,决不仅仅取决于它们几何参数的一致性,还取决于有关物理性能参数(如材料机械性能参数,化学、光学、电学、流体力学等参数)的一致性。因此,按决定参数或使用要求,互换性可分为几何参数互换性与功能互换性,本课程主要研究的是零件几何参数的互换性。

### 三、互换性在机械制造生产中的作用

互换性在机械制造中有很重要的作用。

从使用方面看,如果一机器的某零件具有互换性,则当该零件损坏后,可以很快地用一备件来代替使用,从而使机器维修方便,保证了机器工作的连续性和持久性,延长了机器的使用寿命,提高了机器的使用价值。而且在某些情况下,互换性所起的作用是难以用价值来衡量的。例如,发电厂要迅速排除发电设备的故障,保证继续供电;在战场上很快排除武器装备的故障,保证继续战斗。在这些场合,实现零件的互换性,显然是极为重要的。

从制造方面看,互换性是提高生产水平和进行文明生产的有力手段。装配时,由于零件(部件)具有互换性,不需要辅助加工和修配,可以减轻装配工的劳动量,因而缩短了装配周期。而且,还可使装配工作按流水作业方式进行,以至实现自动装配,这就使装配生产率显著提高。加工时,由于按标准规定公差加工,同一部机器上的各个零件可以分别由各专业厂同时制造。各专业厂由于产品单一,产品数量多,分工细,即可采用高效率的专用设备,乃至采用计算机进行辅助加工,从而使产品的数量和质量明显提高,成本也必然显著降低。

从设计方面看,由于产品中采用了具有互换性的零部件,尤其是采用了较多的标准零件和部件(螺钉、销钉、滚动轴承等),这就使许多零部件不必重新设计,从而大大减轻了计算与绘图的工作量,简化了设计程序,缩短了设计周期。尤其是还可以应用计算机进行辅助设计,这对发展系列产品和促进产品结构、性能的不断改善,都有很大作用。例如,目前我国手表生产采用具有互换性的统一机芯,许多新厂不用重新设计,因而缩短了生产准备周期,而且也为不断改进和提高产品质量创造了一个极好的条件。

综上所述,在机械制造中组织互换性生产,大量地应用具有互换性的零部件,不仅能够显著提高劳动生产率,而且还能够有效地保证产品质量和降低成本。所以,互换性是机械制造中重要的原则和有效的技术措施。

## 1-2 标准化与优先数系

### 一、标准化

标准化是组织现代化生产的重要手段之一,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。标准化的作用很多、很广泛,在人类活动的很多方面都起着不可忽视的作用。标准化可以简化多余的产品品种,促进科学技术转化为生产力,确保互换性,确保安全和健康,保护消费者的利益,消除贸易壁垒。此外,标准化还可以在节约原材料、减少浪费、信息交流、提高产品质量等方面发挥作用。

在现代化机械工业生产中,标准化是实现互换性的基础。其概念为,标准化是指制订贯彻技术标准,以促进全面经济发展的整个过程。制订以标准化共性要求和前提条件为对象的机械基础标准具有特殊的作用,并为最有效地使用互换性原则提供了先决条件。

世界各国的经济发展过程表明,标准化是实现现代化的一个重要手段,也是反映现代化水平的一个重要标志。现代化的程度越高,对标准化的要求也越高。

什么是标准化?根据我国的国家标准 GB3935.1-83 的规定,标准化定义为: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。由标准化的定义我们可以认识到:标准化不是一个孤立的概念,而是一个活动过程,这个过程包括制定、贯彻、修订标准,循环往复,不断提高;制定、修定、贯彻标准是标准化活动的主要任务;在标准化的全部活动中,贯彻标准是个核心环节。同时还应注意到:标准化在深度上是没有止境的,无论是一个标准,还是整个标准系统,都在向更深的层次发展,不断提高,不断完善;另外,标准化的领域,尽管可以说在一切有人类智慧活动的地方都能展开,但目前大多数国家和地区都把标准化活动的领域重点放在工业生产上。

标准化主要是以标准的形式来体现的,但标准的种类是极其繁多的,人们不可能只用一个标志对所有的标准进行分类,但可以为了不同的目的,从不同的角度对标准进行分类。例如我们按一般习惯可把标准分为技术标准、管理标准和工作标准;按作用范围可将其分为国际标准、区域标准、国家标准、专业标准、地方标准和企业标准;按标准在标准系统中的地位作用把它们分为基础标准和一般标准;按标准的法律属性将其分为强制执行的标准和推荐性标准。此外我们还可以按专业特征,研究对象在生产过程中的地位作用,标准在管理系统中的地位作用,标准的特殊功能及其标准的保密性,分别将其划分成若干种。本课程主要涉及到的三十多个技术标准,它们多属于基础标准、国家标准,多是强制执行的标准。

从国际上看,自 60 年代末期,特别是自 70 年代以来,标准化发生了许多重大变化,进入了一个新的历史阶段,这个阶段的最大特点是标准的国际化。国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)编制标准的数量增加很快,质量也有很大提高。除一部分国际标准为协调各国标准的妥协性产物外,大部分国际标准是集中了许多国家的经验和现代科学技术的成就。因此,最终出版的国际标准一般被公认为代表先进技术的国际协议。特别是

考虑到从国际贸易和国际间技术交流中能够得到方便,目前采用国际标准的国家愈来愈多。大多数国家是参照国际标准制订本国的国家标准,还有一些国家完全采用了国际标准,而不订国家标准。我国为迅速赶上和超过世界先进国家的水平,提出采用国际标准的三大原则,即坚持与国际标准的统一协调原则,坚持结合我国国情的原则和坚持高标准,严要求,促进技术进步的原则。如对公差标准规定要完全采用国际公差制。本课程所应用的所有标准,都是以国际标准为基础而重新修订和制订的公差标准。可以预计,在我国四个现代化建设的过程中,我国标准化水平和公差标准的水平将会更进一步提高,并对国民经济的发展发挥更大的作用。

## 二、优先数系

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

### 1. 工业生产对数系的要求

在工业产品的设计和制造中,常常要用到很多数。当选定一个数值作为某产品的参数指标时,这个数就会按一定的规律,向一切有关制品和材料中的相应指标传播。例如,当螺纹孔的尺寸一定,则其相应的丝锥尺寸,检验该螺纹孔的塞规尺寸,以及攻丝前的钻孔尺寸和钻头直径,也随之而定。这种情况常称为数值的传播。在现代化生产中,由于专业化生产水平愈来愈高,各有关产品的参数数值必须密切配合,协调一致,才能节省材料,简化工艺,降低成本,保证零部件的互换性。因此,现代工业生产对数系的要求是:

- (1)数系中的各个数应彼此相关,疏密适当,前后衔接不间断;
- (2)能向两端延伸和中间插入,满足生产不断发展的要求;
- (3)数系中的数要有一定的“级距”,两相邻数的相对差为定值;
- (4)数系中几个数的积、商,仍为数系中的数;
- (5)简单易记,运算方便,且具有十进制制。

### 2. 优先数系的形成

根据工业生产对数系的要求,何种数系才能满足呢?经分析,在数系中能全面满足要求的是十进制几何级数。根据我国国家标准 GB321-80 规定,优先数系是由公比为  $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$  或  $\sqrt[80]{10}$ ,且项值中含有 10 的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比的数列。各数列分别用符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示,称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 系列和 R80 系列。

### 3. 优先数的规定

优先数系中的任一个项值均为优先数。优先数有其理论值、计算值、常用值和化整值,它们的形成和适用范围如下:

(1)优先数的理论值:即理论等比数列的项值。如 R5 理论等比数列的项值有 1,  $\sqrt[5]{10}$ ,  $(\sqrt[5]{10})^2$ ,  $(\sqrt[5]{10})^3$ ,  $(\sqrt[5]{10})^4$ , 10 等。理论值一般是无理数,不便于实际应用。

(2)优先数的计算值:是对理论值取五位有效数字的近似值,同理论值相比,其相对误差小于 1/20000,在作参数系列的精确计算时可用来代替理论值。在某些特殊情况下,

例如,在涡轮叶片的截面型线等要求精确放大的相似设计中,为了获得公比精确相等的系列,可采用计算值。

(3)优先数的常用值:即通常所称的优先数,是为了便于实际应用而对计算值进行适当圆整后统一规定的数值。优先数的常用值在工程中应用得最广泛。

(4)优先数的化整值:是对 R5、R10、R20 和 R40 系列中的常用值作进一步圆整后所得的值。优先数的化整值只在下列特殊情况下才允许采用:①客观上只能用整数的参数,例如,齿轮的齿数用 32 代替 31.5;②对需要用偶数、整倍数以及要求数值具有可分性或具有加法性质的项值,有时用化整值比较适宜,例如,包装中的组合尺寸和由模数的整倍数所构成的元件尺寸等;③优先数的有效位数所表示的精度,既无实际意义,也不便于测量的场合,可用化整值组成的系列,例如,照相机的曝光时间系列采用了由  $1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/125, \dots$  秒组成的系列;④受到现有配套产品限制的尺寸参数系列,如因涉及到很广泛的协作范围和已有的大量物质基础,不宜轻易改变时,可采用化整值组成的系列,例如,标准直径和标准长度系列。

从上所述,我们可知,优先数的理论值不能用于实际,优先数的计算值和化整值只应用于工程实际中的某些特定情况,只有优先数的常用值广泛应用于工程实际的各个领域。在此,我们学习和研究的优先数主要是指优先数的常用值,优先数系主要是指优先数的常用值系列。

#### 4. 优先数系的种类和代号

##### (1)优先数系的种类

优先数系有基本系列、补充系列和变形系列,其中变形系列包括派生系列、移位系列和复合系列。

##### ①基本系列

R5、R10、R20 和 R40 四个系列,是优先数系中的常用系列,称为基本系列,该系列各项的常用值、化整值和计算值见表 1-1。

基本系列中的优先数常用值,对计算值的最大相对误差为  $+1.26\%$  和  $-1.01\%$ 。各系列的公比为:

$$R5: \text{公比 } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.5849 \approx 1.60$$

$$R10: \text{公比 } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2589 \approx 1.25$$

$$R20: \text{公比 } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.1220 \approx 1.12$$

$$R40: \text{公比 } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.0593 \approx 1.06$$

##### ②补充系列

R80 系列称为补充系列,它的公比  $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.0294 \approx 1.03$ 。R80 系列,仅在参数分级很细或基本系列的优先数不能适应实际情况需要时,才可考虑采用。R80 系列的常用值见表 1-2。

表 1-1

优先数的基本系列

(摘自 GB321—80)

| 常 用 值 |       |       |       | 化整值       | 优先数的<br>序 号<br>从 1 到 10 | 计算值     | 常用值与<br>计算值的<br>相对误差<br>% | 理论值的<br>对数尾数 |
|-------|-------|-------|-------|-----------|-------------------------|---------|---------------------------|--------------|
| R5    | R10   | R20   | R40   |           |                         |         |                           |              |
| 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  |           | 0                       | 1.0000  | 0                         | 000          |
|       |       |       | 1.06  | 1.05      | 1                       | 1.0593  | +0.07                     | 025          |
|       |       |       | 1.12  | 1.1       | 2                       | 1.1220  | -0.18                     | 050          |
|       |       |       | 1.18  | 1.15, 1.2 | 3                       | 1.1885  | -0.71                     | 075          |
|       | 1.25  | 1.25  | 1.25  | 1.2       | 4                       | 1.2589  | -0.71                     | 100          |
|       |       |       | 1.32  | 1.3       | 5                       | 1.3335  | -1.01                     | 125          |
|       |       |       | 1.40  | 1.40      | 6                       | 1.4125  | -0.88                     | 150          |
|       |       |       | 1.50  |           | 7                       | 1.4962  | +0.25                     | 175          |
| 1.60  | 1.60  | 1.60  | 1.60  | 1.5       | 8                       | 1.5849  | +0.95                     | 200          |
|       |       |       | 1.70  |           | 9                       | 1.6788  | +1.26                     | 225          |
|       |       |       | 1.80  |           | 10                      | 1.7783  | +1.22                     | 250          |
|       |       |       | 1.90  |           | 11                      | 1.8336  | +0.87                     | 275          |
|       | 2.00  | 2.00  | 2.00  |           | 12                      | 1.9953  | -0.24                     | 300          |
|       |       |       | 2.12  | 2.1       | 13                      | 2.1135  | +0.31                     | 325          |
|       |       |       | 2.24  | 2.2       | 14                      | 2.2387  | +0.06                     | 350          |
|       |       |       | 2.36  | 2.4       | 15                      | 2.3714  | -0.48                     | 375          |
| 2.50  | 2.50  | 2.50  | 2.50  |           | 16                      | 2.5119  | -0.47                     | 400          |
|       |       |       | 2.65  | 2.6       | 17                      | 2.6607  | -0.40                     | 425          |
|       |       |       | 2.80  |           | 18                      | 2.8184  | -0.65                     | 450          |
|       |       |       | 3.00  |           | 19                      | 2.9854  | +0.49                     | 475          |
|       | 3.15  | 3.15  | 3.15  | 3.0, 3.2  | 20                      | 3.1623  | -0.39                     | 500          |
|       |       |       | 3.35  | 3.4       | 21                      | 3.3497  | +0.01                     | 525          |
|       |       |       | 3.55  | 3.5, 3.6  | 22                      | 3.5481  | +0.05                     | 550          |
|       |       |       | 3.75  | 3.8       | 23                      | 3.7584  | -0.22                     | 575          |
| 4.00  | 4.00  | 4.00  | 4.00  |           | 24                      | 3.9811  | +0.47                     | 600          |
|       |       |       | 4.25  | 4.2       | 25                      | 4.2170  | +0.78                     | 625          |
|       |       |       | 4.50  |           | 26                      | 4.4668  | +0.74                     | 650          |
|       |       |       | 4.75  | 4.8       | 27                      | 4.7315  | +0.39                     | 675          |
|       | 5.00  | 5.00  | 5.00  |           | 28                      | 5.0119  | -0.24                     | 700          |
|       |       |       | 5.30  |           | 29                      | 5.3088  | -0.17                     | 725          |
|       |       |       | 5.60  | 5.5       | 30                      | 5.6234  | -0.42                     | 750          |
|       |       |       | 6.00  |           | 31                      | 5.9566  | +0.73                     | 775          |
| 6.30  | 6.30  | 6.30  | 6.30  | 6.0       | 32                      | 6.3096  | -0.15                     | 800          |
|       |       |       | 6.70  |           | 33                      | 6.6834  | +0.25                     | 825          |
|       |       |       | 7.10  | 7.0       | 34                      | 7.0795  | +0.29                     | 850          |
|       |       |       | 7.50  |           | 35                      | 7.4989  | +0.01                     | 875          |
|       | 8.00  | 8.00  | 8.00  |           | 36                      | 7.9433  | +0.71                     | 900          |
|       |       |       | 8.50  |           | 37                      | 8.4140  | +1.02                     | 925          |
|       |       |       | 9.00  |           | 38                      | 8.9125  | +0.98                     | 950          |
|       |       |       | 9.50  |           | 39                      | 9.4406  | +0.63                     | 975          |
| 10.0  | 10.00 | 10.00 | 10.00 |           | 40                      | 10.0000 | 0                         | 000          |

表 1-2

补充系列 R80

(摘自 GB321—80)

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 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 | 2.36 | 3.00 | 3.75 | 4.75 | 6.00 | 7.50 | 9.50 |
| 1.22 | 1.55 | 1.95 | 2.43 | 3.07 | 3.87 | 4.87 | 6.15 | 7.75 | 9.75 |

## ③变形系列

当基本系列的公比不能满足要求时,标准规定,允许按一定的规则舍去表 1-1 中基本系列的某些项值或几个系列项值组成搭配而形成变形系列,以使优先数系有更大的适用性。变形系列主要有三种:派生系列、移位系列和复合系列。

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  $p$  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。派生系列用  $R_r/p$  表示。对于  $r$  不同的派生系列,可选用的  $p$  值见表 1-3。

派生系列的公比为:

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

各种派生系列的公比见表 1-3。

可见,比值  $r/p$  相等的派生系列具有相同的公比,但其项值彼此不同。例如,派生系列  $R_{10}/3$  的公比  $q_{10/3} = 10^{3/10} \approx 2$ , 可形成三个不同项值的系列:

1.00, 2.00, 4.00, 8.00, ……;

1.25, 2.50, 5.00, 10.00, ……;

1.60, 3.15, 6.30, 12.50, ……。

表 1-3

各种派生系列的公比

| R40     | R20   | R10   | R5   | 派生系列的公比 | 派生系列的增长率% |
|---------|-------|-------|------|---------|-----------|
| (R40/2) |       |       |      | 1.12    | 12        |
| (R40/3) |       |       |      | 1.18    | 18        |
| (R40/4) | R20/2 |       |      | 1.25    | 25        |
| (R40/5) |       |       |      | 1.32    | 32        |
| (R40/6) | R20/3 |       |      | 1.40    | 40        |
| (R40/7) |       |       |      | 1.50    | 50        |
| (R40/8) | R20/4 | R10/2 |      | 1.60    | 60        |
|         | R20/5 |       |      | 1.80    | 80        |
|         | R20/6 | R10/3 |      | 2.00    | 100       |
|         | R20/7 |       |      | 2.25    | 125       |
|         | R20/8 | R10/4 | R5/2 | 2.50    | 150       |
|         |       | R10/5 |      | 3.15    | 220       |
|         |       | R10/6 | R5/3 | 4.00    | 300       |

注:带括号的系列应尽量避免采用。

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 25.8 开始的  $R_{80}/8$  系列,是项值从 25.0 开始的  $R_{10}$  系列的移位系列。

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,而加邻近系列的数值而形成的系列。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。如0.6~3600kW感应电动机系列也为一复合系列。

## (2) 优先数系的代号

### ① 基本系列和补充系列的代号

系列无限定范围时,用R5、R10、R20、R40和R80表示;

系列有限定范围时,应注明界限值。例如,R10(1.25……)表示以1.25为下限的R10系列;R20(……45)表示以45为上限的R20系列;R40(75……300)表示以75为下限和300为上限的R40系列。

### ② 派生系列的代号

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Rr/p。例如,R10/3(……80……)表示含有项值80并向两端无限延伸的派生系列,R10/3表示系列为……,1,2,4,8,16,……。

系列有限定范围时,应注明界限值。例如,R20/4(112……)表示以112为下限的派生系列;R40/5(……60)表示以60为上限的派生系列;R5/2(1……10000)表示以1为下限和10000为上限的派生系列。

## 5. 优先数的运算

在表1-1中除给出了优先数系的各基本系列数值外,还给出了R40系列优先数的序号和理论值的对数尾数(常用对数尾数)值。这是为运算而备的。因为优先数的理论值一般可以写为: $n = (\sqrt{10})^{N_r} = q^{N_r}$ ,其中 $N_r$ 为优先数 $n$ 在Rr系列中的序号。显然 $N_r$ 是优先数 $n$ 关于 $q$ 为底的对数,即 $N_r = \log_q n$ ,因此优先数按其序号运算的规则与一般对数运算完全相同。利用表1-1中的优先数序号或理论值的对数尾数值进行计算,可以保证其计算结果一定是优先数,利用数学公式计算也应保证做到这一点,并应该与前者计算结果一致。例如 $3.15 \times 1.6$ 不能确定为5.04,只能确定为5.00; $(1.25)^3$ 不能确定为3.05和3.00,只能确定为3.15,保证其计算结果仍为优先数。

## 6. 优先数系的应用

优先数系的应用应该遵循以下原则:

### (1) 在一切标准化领域中应尽可能采用优先数系

优先数系不仅应用于标准的制订,在技术改造设计、工艺、实验、老产品整顿简化等一切方面也应加以推广。尤其在新的设计中,要遵循优先数系。即使对现有按其数值制的旧标准、旧图样和旧产品,也应结合标准的修订,或技术整顿,逐步地向优先数系过渡。此外还应注意,优先数系不仅用于产品设计,也用于零部件设计,在积木式组合设计和相似设计中更应使用优先数系;另外有些优先数系,例如R5系列还可用于简单的优选法。

### (2) 区别对待各个参数采用优先数系的要求