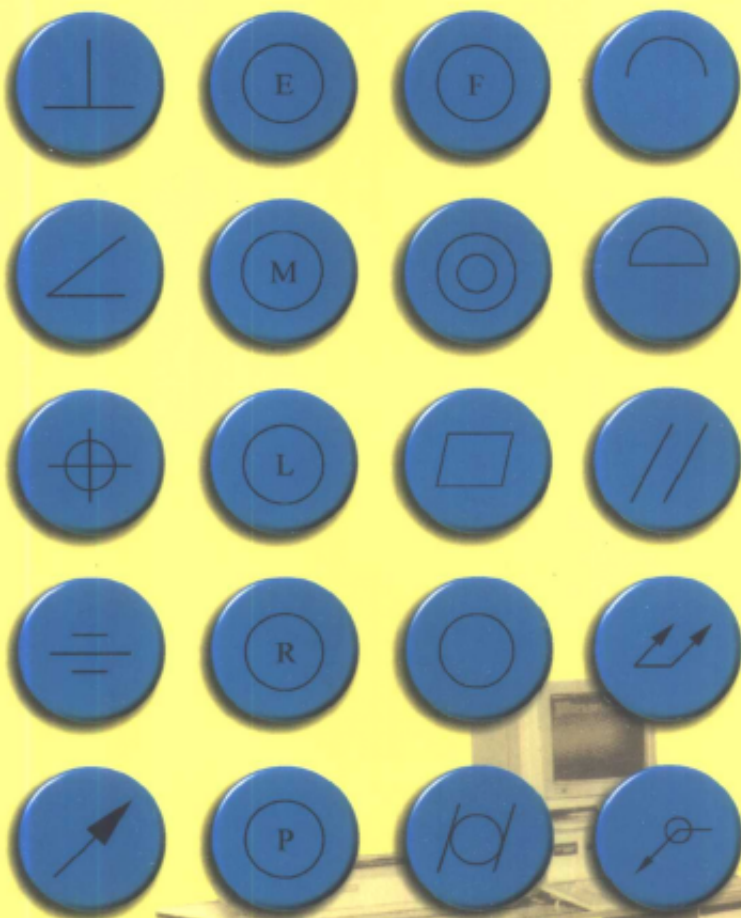


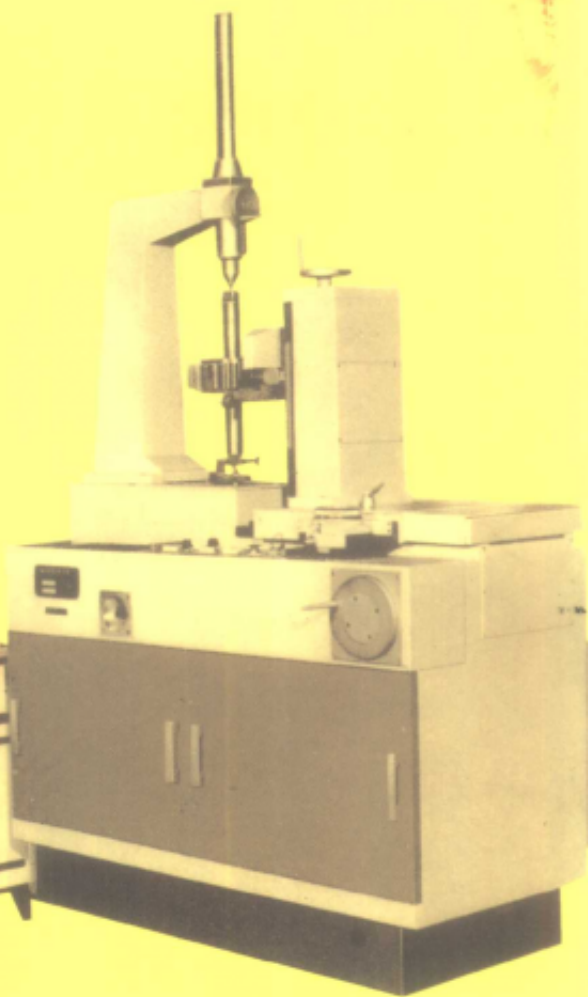
互换性 与测量技术基础

(修订版)

刘品 刘丽华 主编
袁正友 杨守成 审



哈尔滨工业大学出版社



互换性与测量技术基础

(修订版)

刘 品 刘丽华 主编
袁正友 杨守成 审

哈尔滨工业大学出版社

内容简介

本书为高等工科院校机械类各专业的技术基础课教材。内容包括:互换性与标准化的基本概念,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,测量技术基础,光滑工件尺寸检验和量规设计,滚动轴承与孔、轴结合的互换性,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等共十二章。

本书内容全部按 1999 年 12 月以前出版的最新国家标准编写,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的基本原理和方法以及各种公差新标准在设计中的应用。书中各章有思考题和作业题,以配合教学的需要,也便于读者自学。

本书供高等工科院校机械类各专业及职工大学等同类专业《互换性与测量技术》课教学使用,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

Huhuanxing yu Celiang Jishu Jichu

刘 品 刘丽华 主编

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行
地矿部黑龙江省测绘印制中心印刷厂

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 390 千字

2001 年 1 月第 2 版 2001 年 1 月第 3 次印刷

印数 13 001—19 000

ISBN 7-5603-1170-9/TH·52 定价 20.80 元

前 言

《互换性与测量技术基础》是高等工科院校机械类各专业的一门综合性很强的应用技术基础课程。它不仅将实现互换性生产的标准化领域与计量学领域的有关知识结合在一起,而且涉及机械产品的设计、制造、维修、质量控制、生产组织管理等许多方面。

本书是在哈尔滨工业大学 1993 年和 1996 年两次修订出版的《互换性与测量技术基础》教材基础上,根据几年来的教学实践和一些兄弟院校在使用本教材中提出的宝贵意见修改编写的。

在本次编写中,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),本书在内容上注意加强基础,力求反映国内、外最新成就,尽量做到少而精,便于自学;2)本书全部采用了 2000 年 1 月前出版的最新国家标准,如极限与配合、形位公差、表面粗糙度、光滑工件尺寸的检验、滚动轴承和普通螺纹等方面的推荐性国家标准,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)本书的适用面广,既适用于多学时类型(40 学时左右)讲授,也适用于少学时类型(20~30 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)为了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,本书对圆锥配合制、位置量规设计、圆锥齿轮和蜗杆传动公差等内容都作了简单介绍。

本书由哈尔滨工业大学刘品、刘丽华主编,袁夫彩、王金武为副主编;袁正友、杨守成为主审。参加本书编写的学校还有哈尔滨工程大学、哈尔滨理工大学、东北农业大学、东北林业大学、黑龙江工程学院等兄弟院校长期从事本学科教学的教师和工程技术人员(按姓氏笔划排序)王志斌、田克华、孙彪、孙玉芹、张也晗、陈琦、周海和赵熙萍。

由于编者的水平有限,书中难免存在错误和不当之处,欢迎广大读者批评指正。

编者

2000 年 11 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	(4)
1.3 极限与配合制的基本术语和定义	(10)
习题一	(20)
第二章 尺寸公差与圆柱结合的互换性	(21)
2.1 概述	(21)
2.2 标准公差系列——公差带大小的标准化	(23)
2.3 基本偏差系列——公差带位置的标准化	(26)
2.4 极限与配合的选用	(37)
习题二	(56)
第三章 形状与位置公差	(58)
3.1 基本概念	(52)
3.2 形位公差公差特征项目、符号、标注及其公差带	(59)
3.3 形位误差的评定	(78)
3.4 公差原则与公差要求	(84)
3.5 形位公差的选用	(92)
习题三	(99)
第四章 表面粗糙度	(103)
4.1 基本概念	(103)
4.2 表面粗糙度的评定	(104)
4.3 表面粗糙度的参数值及其选用	(107)
4.4 表面粗糙度符号、代号及其注法	(112)
习题四	(112)
第五章 测量技术基础	(118)
5.1 测量的基本概念	(118)
5.2 计量器具和测量方法分类、度量指标	(123)
5.3 测量误差及数据处理	(127)
习题五	(137)
第六章 光滑工件尺寸检验和量规设计	(139)
6.1 光滑工件尺寸检验	(139)
6.2 光滑极限量规	(145)
6.3 位置量规	(150)
习题六	(153)
第七章 滚动轴承与孔、轴结合的互换性	(155)
7.1 滚动轴承的组成及其精度等级	(155)

7.2 滚动轴承和孔、轴结合的公差与配合	(157)
7.3 滚动轴承与孔、轴结合的配合选用	(159)
习题七	(166)
第八章 圆锥结合的互换性	(167)
8.1 概述	(167)
8.2 圆锥几何参数误差对圆锥配合的影响	(170)
8.3 圆锥公差与配合	(172)
习题八	(177)
第九章 键、花键结合的互换性	(187)
9.1 平键结合的互换性	(179)
9.2 矩形花键结合的互换性	(181)
习题九	(186)
第十章 螺纹结合的互换性	(187)
10.1 螺纹结合的使用要求和主要几何参数	(187)
10.2 影响螺纹互换性的因素及合格条件	(189)
10.3 普通螺纹的公差与配合	(192)
10.4 机床丝杠和螺母的公差	(198)
习题十	(200)
第十一章 齿轮传动的互换性	(201)
11.1 齿轮传动的使用要求及其标准的有关规定	(201)
11.2 影响齿轮传动质量的因素及检验参数	(204)
11.3 圆柱齿轮公差的选用	(220)
11.4 圆锥齿轮公差与选用	(229)
11.5 蜗杆传动公差与选用	(234)
习题十一	(243)
第十二章 尺寸链基础	(245)
12.1 尺寸链的基本概念	(245)
12.2 用极值法解尺寸链	(249)
12.3 用概率法解尺寸链	(259)
12.4 解尺寸链的其他方法	(264)
习题十二	(267)
主要参考文献	(269)

绪 论

一、本课程的主要研究对象和任务

“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综合性很强的应用技术基础课,它是机械设计(运动设计、结构设计、精度设计)中不可缺少的重要组成部分。本课程的研究对象是机械或仪器零部件的几何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,是从基础课过渡到专业课的桥梁。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。本课程不仅是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。

学生在学习本课程时,应具有一定的理论知识和生产实践知识,即能读图、制图,了解机械加工的一般知识和常用机构的原理。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. 掌握互换性、标准化的概念及机械零部件精度设计的基本原理和方法;了解典型零件极限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,还能使他们独立工作的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,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,学生都应正确、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作用

一、互换性的含义

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，便能正常使用等。互换性是重要的生产原则和有效的技术措施，在日用工业品、机床、汽车、电子产品、军工产品等各生产部门都被广泛采用。

互换性是指在同一规格的一批零件或部件中，任取一件，不需经过任何选择、修配或调整，就能装配在整机上，并能满足使用性能要求的特性。

显然，具备互换性应该同时具备两个条件：①不需经过任何选择、修配或调整便能装配（当然也应包括维修更换）；②装配（或更换）后的整机能满足其使用性能要求。

互换性是许多工业部门产品设计和制造中应遵循的重要原则。它不仅涉及产品制造中零、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、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，可以采用其他技术手段来满足装配要求。例如分组装配法，就是将零件的制造公差适当地放大，使之便于加工，而在零件加工后装配前，用测量器具将这些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，按相应组进行装配（即大孔与大轴相配，小孔与小轴相配）。这样，既可保证装配精度和使用要求，又能减少加工难度、降低成本。此时，仅组内零件可以互换，组与组之间不可互换，故这种互换性称为不完全互换性。

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,还取决于它们的物理性能、化学性能、机械性能等参数的一致性。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,如果一台机器的某零件具有互换性,则当该零件损坏后,可以很快地用另一备件来代替,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。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,发电厂要及时排除发电设备的故障,保证继续供电;在战场上要及时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,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,以至实现自动化装配,这就使装配生产效率显著提高。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。各专业厂产品单一,产品数量多,分工细,所以有条件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,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,许多新建手表厂就不用重新设计手表机芯,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,使零部件具有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。在机械工业生产中,标准化是实现互换性的基础。

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 GB 3935.1—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,通过制订、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,这个过程包括制订、贯彻、修订标准,循环往复,不断提高;制订、修订、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。

从国际上看,现在标准化已发生了许多重大变化,进入了一个新的历史阶段,这个阶段的显著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,质量也有了很大提高。大部分国际标准集中了许多国家的经验和现代科学技术的成就。为了便于国际贸易和国际间的技术交流,目前越来越多的国家采用国际标准,有的国家参照国际标准制订本国的国家标准,有的国家则完全采用国际标准,而不制订国家标准。我国为能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,即坚持与国际标准统一协调的原则;坚持结合我国国情的原则;坚持高标准、严要求,促进技术进步的原则。本课程中涉及的标准都是以国际标准为基础而重新修订和制订的。

众所周知,标准化主要是以标准的形式来体现的,但标准的种类是十分繁多的,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,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性标准和推荐性标准。按我国《标准化法》的规定:“国家标准、行业标准分为强制性标准和推荐性标准。保障人体健康和人身、财产安全的标准和法律、行政法规所规定的强制执行的标准是强制性标准,其他标准是推荐性标准。”强制性标准发布后,凡从事科研、生产、经营的单位和个人,都必须严格执行。不符合强制性标准要求的,严禁生产、销售和进口。推荐性标准不具有法律的约束力,但当推荐性标准一经被采用,或在合同中被引用,则被采用或被引用的那部分内容,就应该严格执行,受合同法或有关经济法的约束。过去,我国为适应计划经济的需要,实行单一的强制性标准。随着社会主义商品经济的发展,已实行强制性和推荐性两种标准,这是标准化工作中的一项重要改革。它既可将该管的标准管住、管好、管严,又可使不该管的标准放开、搞活,这就促进了商品经济的不断发展。

本课程主要涉及到的三十多个技术标准,多属于国家推荐性基础标准,其代号为“GB/T”。

为全面保证零部件的互换性,不仅要合理地确定零件制造公差,还必须对影响生产质量的各个环节、阶段及有关方面实现标准化。诸如,技术参数及数值系列的标准化(优先数系);形状与位置公差及表面质量参数的标准化;原材料及热处理方法的标准化;工艺装备及工艺规程的标准化;计量单位及检测规定等的标准化。可见,在机械制造业中,任何零部件要使其具有互换性,都必须实现标准化,没有标准化,就没有互换性。

二、优先数系和优先数

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

1. 优先数系的形成

在生产中,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值确定后,不仅会传播到有关机器的相应参数上,而且必然会传播到其本身的轴、轴承、键、齿轮、联轴节等一整套零部件的尺寸和材料特性参数上,并将进而传播到加工和检验这些零部件的刀具、量具、夹具及机床等的相应参数上。这种技术参数的传播性,在生产实际中是极为普遍的现象,并且跨越行业和部门的界限。工程技术上的参数数值,即使只有很小的差别,经过反复传播后,也会造成尺寸规格的繁多杂乱,以致给组织生产,协作配套及使用维修等带来很大困难。因此,对于各种技术参数,必须从全局出发,加以协调。

优先数系和优先数就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标准。

根据工程技术上的要求,优先数系是一种十进制几何级数。即国家标准 GB 321—80 规定,优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 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。

2. 优先数系种类和代号

(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,该系列各项数值如表 1.1 所示,其代号为:

系列无限定范围时,用 R5、R10、R20、R40 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。

基本系列公比分别为:

$$\text{R5: 公比 } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.589\,4 \approx 1.60$$

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

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

$$\text{R40: 公比 } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.059\,3 \approx 1.06$$

表 1.1 优先数的基本系列

(摘自 GB 321—80)

常 用 值				化整值	优先数的 序 号	计算值	常用值与计算 值的相对 误差/%	理论值的 对数尾数
R5	R10	R20	R40					
1.00	1.00	1.00	1.00		0	1.000 0	0	000
			1.06	1.05	1	1.059 3	+0.07	025
		1.12	1.12	1.1	2	1.122 0	-0.18	050
			1.18	1.15; 1.2	3	1.188 5	-0.71	075
	1.25	1.25	1.25	1.2	4	1.258 9	-0.71	100
			1.32	1.3	5	1.333 5	-1.01	125
		1.40	1.40		6	1.412 5	-0.88	150
			1.50		7	1.496 2	+0.25	175
1.60	1.60	1.60	1.60	1.5	8	1.584 9	+0.95	200
			1.70		9	1.678 8	+1.26	225
		1.80	1.80		10	1.778 3	+1.22	250
			1.90		11	1.883 6	+0.87	275
	2.00	2.00	2.00		12	1.995 3	+0.24	300
			2.12	2.1	13	2.113 5	+0.31	325
		2.24	2.24	2.2	14	2.238 7	+0.06	350
			2.36	2.4	15	2.371 4	-0.48	375
2.50	2.50	2.50	2.50		16	2.511 9	-0.47	400
			2.65	2.6	17	2.660 7	-0.40	425
		2.80	2.80		18	2.818 4	-0.65	450
			3.00		19	2.985 4	+0.49	475
	3.15	3.15	3.15	3.0; 3.2	20	3.162 3	-0.39	500
			3.35	3.4	21	3.349 7	+0.01	525
		3.55	3.55	3.5; 3.6	22	3.548 1	+0.05	550
			3.75	3.8	23	3.758 4	-0.22	575
4.00	4.00	4.00	4.00		24	3.981 1	+0.47	600
			4.25	4.2	25	4.217 0	+0.78	625
		4.50	4.50		26	4.466 8	+0.74	650
			4.75	4.8	27	4.731 5	+0.39	675
	5.00	5.00	5.00		28	5.011 9	-0.24	700
			5.30		29	5.308 8	-0.17	725
		5.60	5.60	5.5	30	5.623 4	-0.42	750
			6.00		31	5.956 6	+0.73	775
6.30	6.30	6.30	6.30	6.0	32	6.309 6	-0.15	800
			6.70		33	6.683 4	+0.25	825
		7.10	7.10	7.0	34	7.079 5	+0.29	850
			7.50		35	7.498 9	+0.01	875
	8.00	8.00	8.00		36	7.943 3	+0.71	900
			8.50		37	8.414 0	+1.02	925
		9.00	9.00		38	8.912 5	+0.98	950
			9.50		39	9.440 6	+0.63	975
10.0	10.00	10.00	10.00		40	10.000 0	0	000

(2) 补充系列

R80 系列称为补充系列,其代号表示方法同基本系列,它的公比 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.029\,4 \approx 1.03$ 。

(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

派生系列是从基本系列或补充系列 R_r 中(其中 $r=5, 10, 20, 40$ 和 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, $R_{10}/3(\cdots 80 \cdots)$ 表示含有项值 80 并向两端无限延伸的派生系列, $R_{10}/3$ 表示系列为 $\cdots, 1, 2, 4, 8, 16, \cdots$ 。

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

派生系列的公比为:

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

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 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, $\cdots$; ② 1.25, 2.50, 5.00, 10.00, $\cdots$ ③ 1.60, 3.15, 6.30, 12.50, $\cdots$

由此可见,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。

② 移位系列

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。

③ 复合系列

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 R_5 系列;25、35.5 为 $R_{20}/3$ 系列;35.5、47.5、63 为 $R_{40}/5$ 系列;63、80、100 为 R_{10} 系列。如 0.6~3 600 kW 感应电动机系列也为一复合系列。

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

理论值即理论等比数列的项值。如 R_5 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

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,它的相对误差小于

$1/(2 \times 10^4)$), 在作参数系列的精确计算时, 可用来代替理论值, 如表 1.1 所示。

(3) 优先数的常用值

即通常所称的优先数, 取三位有效数字进行圆整后规定的数值, 是经常使用的, 见表 1.1 所示。

(4) 优先数的化整值

化整值是对基本系列中的常用值作进一步圆整后所得的值, 一般取两位有效数字, 见表 1.1 所示。

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, $\dots$, s 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。

由上述可知, 优先数的理论值不能用于实际, 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 $n = (\sqrt[10]{10})^{Nr} = q_r^{Nr}$, 其中 Nr 为优先数 n 在 Rr 系列中的序号。显然 Nr 是优先数 n 以 q_r 为底的对数, 即 $Nr = \log_{q_r} n$, 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。例如 3.15×1.6 不能确定为 5.04, 只能确定为 5.00; $(1.25)^5$ 不能确定为 3.05 和 3.00, 只能确定为 3.15, 以保证其计算结果仍为优先数。

5. 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, 且在技术改造设计、工艺、实验、老产品整顿简化等一切方面也应加以推广, 尤其在新产品设计中, 要遵循优先数系。即使现有的旧标准、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

基本参数、重要参数及在数值传播上最原始或涉及面最广的参数, 应尽可能采用优先数。对其他各种参数, 除非由于运算上的原因或其他特殊原因, 不能为优先数(例如两个

优先数的和或差不再为优先数)以外,原则上都宜于采用优先数。

对于有函数关系的参数,如 $y = f(x)$ 中自变量 x 参数系列应尽可能采用优先数系的基本系列。若函数关系为组合特性的多项式,因变量 y 一般不再为优先数,当条件允许时,可圆整为与它最接近的优先数。当待定参数互为自变量时,尤其当函数式为组合特性的多项式时,应注意仔细分析选取哪些参数为自变量更符合技术经济利益。一般而言,当各种尺寸参数有矛盾,不能都为优先数时,应优先使互换性尺寸或连接尺寸为优先数;当尺寸参数与性能参数有矛盾,不能都为优先数时,宜优先使尺寸参数为优先数。这样便于配套维修,使材料、半成品和工具等简化统一。

(3)按“先疏后密”的顺序选用优先数系

对自变量参数尽可能选用单一的基本系列和补充系列,选择的优先顺序是:R5、R10、R20、R40 和 R80。只有在基本系列和补充系列不能满足要求时,才采用公比不同、由几段组成的复合系列;如果基本系列中没有合适的公比,也可用派生系列,并尽可能选用包含有项值 1 的派生系列。对于复合系列和派生系列,也应按先疏后密的顺序选用。

1.3 极限与配合制的基本术语和定义

为了保证互换性,统一设计、制造、检验和使用者的认识,在极限与配合(公差与配合)标准中,首先对与组织互换性生产密切相关并带有共同性的常用术语和定义,GB/T1800·1-1997 作出了统一的规定。

一、有关孔、轴的定义

标准中规定了有关孔、轴的概念,这关系到极限与配合标准的应用范围问题。

1. 孔

通常,指圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由二平行平面或切面形成的包容面)。

2. 轴

通常,指圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由二平行面或切面形成的被包容面)。

由此定义可知,这里所说的孔、轴并非仅指圆柱形体的内、外表面,也包括非圆柱形的内、外表面,如图 1.1 中的键槽宽 D , 滑块槽宽 D_1 、 D_2 、 D_3 均为孔;而轴的直径 d 、槽底部尺寸 d_2 、滑块槽厚度 d_1 均为轴。另外,从装配关系看,孔是包容面,轴是被包容面;从加工过程看,随着加工余量的切除,孔的尺寸由小变大,而轴的尺寸由大变小。可见,在极限与配合制中,孔、轴的概念是广义的,而且都是由单一尺寸构成的。例如圆柱体的直径、键和键槽宽等。

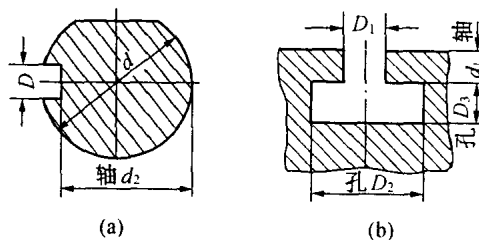


图 1.1 孔轴尺寸

二、有关尺寸的术语和定义

1. 尺寸

以特定单位表示线性尺寸值的数值。

一般情况下,尺寸只表示长度量(线值),如直径、半径、长度、宽度、深度、高度、厚度及中心距等,工程上规定,图样上的尺寸数字的特定单位为 mm。

2. 基本尺寸

基本尺寸为设计给定的尺寸。

设计给定的尺寸,即由设计人员根据使用要求,通过强度、刚度计算和按结构位置确定后取标准值的尺寸,在极限与配合中,它也是计算偏差的起始尺寸。基本尺寸应标注在图样中,例如,机械制图图样中标注的 $30^{+0.021}_0$, $30, 30 \pm 0.01$, $\phi 30h7$ 中的 30, 都是基本尺寸。基本尺寸取标准值(优先数),是为了减少定值刀具、量具和夹具的规格和数量。我们规定孔、轴的基本尺寸代号分别为 D 和 d 。

3. 实际尺寸

实际尺寸是通过测量获得的某一尺寸。

由于存在测量误差,实际尺寸并非被测尺寸的真值。例如轴的尺寸真值为 29.987 mm, 测量误差在 $-0.001 \sim +0.001$ mm 以内, 则实际尺寸的真值将在 29.986~29.988 mm 范围之内。尺寸真值是客观存在的, 但又是不知道的, 因此只能以测得的尺寸作为实际尺寸。此外, 由于工件存在着形状误差, 所以不同部位的尺寸真值也不完全相同。孔、轴的实际尺寸代号分别为 D_a 和 d_a 。

4. 极限尺寸

极限尺寸为允许尺寸变化的两个界限值, 极限尺寸以基本尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸; 较小的一个称为最小极限尺寸。

极限尺寸是用来限制实际尺寸的。孔、轴极限尺寸代号分别为 $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$ 和 $d_{\max}$ 、 $d_{\min}$ 。

三、有关尺寸偏差和尺寸公差术语和定义

1. 尺寸偏差(简称偏差)

偏差是指某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸等)减其基本尺寸所得的代数差。

最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差, 称为上偏差; 最小极限尺寸减基本尺寸所得的代数差, 称为下偏差; 上偏差与下偏差统称为极限偏差。国标规定: 用代号 ES 表示孔的上偏差; 用 es 表示轴的上偏差; 用代号 EI 表示孔的下偏差; 用 ei 表示轴的下偏差。实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差, 称为实际偏差。

由上述可得孔、轴上、下偏差分别可用以下代数式表示

$$ES = D_{\max} - D \quad (1.1)$$

$$EI = D_{\min} - D \quad (1.2)$$

$$\text{和} \quad es = d_{\max} - d \quad (1.3)$$

$$ei = d_{\min} - d \quad (1.4)$$