

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

普通高等教育
专科升本科教材

互换性与技术测量

赵丽娟 冷岳峰 主编

Huhuanxing Yu
Jishu Celiang

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

升本“十二五”规划教材

互换性与技术测量

主 编 赵丽娟 冷岳峰

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书系统阐述了机械产品精度设计的基本知识、各种典型零件精度设计的基本原理及最新国家标准在设计中的应用,也阐述了一些典型零件的检测原理和新的测试技术。

本书既可供高等工科院校机械类和近机类各专业师生在教学中使用,也可作为继续教育院校机械类各专业的教材,以及供从事机械设计、机械制造、标准化、计量测试等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/赵丽娟,冷岳峰主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2012.6

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1514 - 7

I. ①互… II. ①赵…②冷… III. ①零部件—互换性—高等学校—教材②零部件—技术测量—高等学校—教材 IV.

①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 132327 号

书 名 互换性与技术测量

主 编 赵丽娟 冷岳峰

责任编辑 张 岩 耿东锋

责任校对 周俊平

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏徐州新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 19.25 字数 480 千字

版次印次 2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

建设委员会成员名单

主 任:李增全

副主任:于广云 丁三青 王廷弼

委 员:(按姓氏笔画排序)

王宪军 王继华 王德福 刘建中

刘福民 孙茂林 李维安 张吉春

陈学华 周智仁 赵文武 赵济荣

郝虎在 荆双喜 徐国财 廖新宇

秘书长:王廷弼

秘 书:何 戈

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

矿山机电专业编审委员会成员名单

主 任:王宪军

副主任:吕 松

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 慧 王春华 刘卫国 孙远敬

李虎伟 张 强 陈更林 周 立

赵丽娟 赵利安 洪晓华 蒲志新

蔡 丽 魏家鹏

前 言

机械精度设计基础

“互换性与测量技术基础”课程是高等工科院校机械类和近机类各专业的一门重要技术基础课程,是基础课过渡到专业课学习的桥梁。内容涉及机械产品设计、制造及质量检测等诸多方面,是与机械工业紧密联系的一门基础学科。

本书系统阐述了机械产品精度设计的基本知识,详细介绍了圆柱齿轮、滚动轴承、键与花键、螺纹、圆锥等典型机件精度设计的基本原理和方法,以及检测原理、方法。在编写过程中,紧密结合教学大纲,以精度设计为主线精选内容,全部采用最新的国家标准,融入了编者多年的教学经验和教改成果。书中引入了大量标准内容和工程实例,并且每章配有思考题和习题,使读者能够独立分析问题、解决问题,便于自学,增强了本书的实用性。

本书由赵丽娟、冷岳峰编写。由于是进行改革的尝试,加之水平有限,书中难免有不当和错误之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2011 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 机械精度设计概述	1
第二节 标准与标准化	4
第三节 优先数与优先数系	7
思考题与习题	9
第二章 尺寸精度国家标准	10
第一节 极限与配合的基本术语及定义	10
第二节 尺寸公差与配合的标准化	20
思考题与习题	38
第三章 几何精度国家标准	39
第一节 几何精度基本术语及定义	40
第二节 几何公差的图样表示	41
第三节 几何公差带	51
第四节 公差原则	69
思考题与习题	84
第四章 表面精度国家标准	88
第一节 表面粗糙度轮廓的基本概念	88
第二节 表面粗糙度轮廓的评定	89
第三节 表面结构技术要求在零件图上标注的方法	96
思考题与习题	105
第五章 圆柱形结合零件精度设计	107
第一节 尺寸精度设计	107
第二节 几何精度设计	120
第三节 表面粗糙度轮廓的技术要求	131
思考题与习题	134

第六章 圆柱齿轮精度国家标准	136
第一节 圆柱齿轮传动的使用要求	136
第二节 齿轮加工误差的来源及其特点	138
第三节 评价圆柱齿轮精度的应检指标与侧隙指标	140
第四节 评价圆柱齿轮精度的可检指标	145
第五节 圆柱齿轮副精度的评定指标	147
第六节 圆柱齿轮的精度设计	149
第七节 圆柱齿轮精度的检测	164
思考题与习题	171
第七章 常用标准件国家标准	173
第一节 滚动轴承国家标准	173
第二节 平键连接国家标准	189
第三节 矩形花键连接国家标准	193
第四节 圆柱直齿渐开线花键连接国家标准	198
思考题与习题	204
第八章 螺纹连接国家标准	206
第一节 螺纹连接的公差与检测概述	206
第二节 螺纹几何参数偏差对互换性的影响	210
第三节 普通螺纹公差带及其选用	213
第四节 圆柱螺纹的测量	219
思考题与习题	222
第九章 圆锥配合国家标准	223
第一节 圆锥结合的概述	223
第二节 锥度与锥角系列	224
第三节 圆锥公差	228
第四节 圆锥配合	234
第五节 圆锥公差与配合的标注	243
第六节 圆锥角的检测	249
思考题与习题	250
第十章 尺寸链计算	252
第一节 尺寸链的基本概念	252
第二节 尺寸链的确立与分析	255
第三节 用完全互换法求解尺寸链	258
第四节 用大数互换法求解尺寸链	262
第五节 用分组法、修配法和调整法保证装配精度	263

思考题与习题·····	265
第十一章 几何量精度检测概述·····	266
第一节 测量技术的基本概念·····	266
第二节 计量器具和测量方法·····	269
第三节 测量误差与数据处理·····	271
思考题与习题·····	278
第十二章 圆柱形结合零件精度检测·····	280
第一节 尺寸精度的检测·····	280
第二节 几何精度的检测·····	287
第三节 表面精度的检测·····	293
思考题与习题·····	297
参考文献·····	298

第一章 绪 论

第一节 机械精度设计概述

一、机械精度设计

1. 机械精度设计的定义

机械产品设计过程通常可以分为系统设计、参数设计和精度设计三个阶段。

系统设计是确定机械的基本工作原理和总体布局,以保证总体方案的合理性与先进性。机械系统设计主要是运动学设计,如传动系统、位移、速度、加速度等,故又称为运动设计。

参数设计是确定机构各零件几何要素的公称值,故又称结构设计。参数设计的主要依据是保证系统的能量转换和工作寿命。通常按照静力学与动力学的原理,采用优化、有限元等方法进行计算,并按摩擦学和概率理论进行可靠性分析。

精度设计是确定机械各零件几何要素的允许误差,也称公差设计。精度设计的主要依据是对机械的静态和动态精度要求。在满足功能要求的前提下,公差应尽量规定得大些,以获得最佳的技术经济效益。因此,精度设计是机械产品设计中不可分割的重要组成部分。

机械产品的精度设计是极其重要的,因为没有足够的几何量精度,航天飞机上不了天、远程导弹不能击中预定的目标、机床不能加工出合格品、汽车不会有舒适性和安全性、钟表不能准确地计时……而且,机械产品的报废往往就是因为其精度的丧失,机械产品的周期性检修,实质上就是其精度的检定和修复。因此,没有足够的几何量精度,机械产品就失去了使用价值。进入 20 世纪以来,随着机械产品的功能要求和制造、检测技术水平的不断提高,几何量精度已经逐渐成为一门独立的技术学科,并越来越受到工程科学与技术界有识之士的高度重视。

2. 机械精度设计的内容

机械产品的精度设计主要是指几何量方面的精度设计。所谓几何量,是指构成几何体的点、线、面之间的尺寸大小、几何形状、相互位置关系以及表面形貌等。

在生产实践中,由于种种因素的影响,同规格的零部件其几何量不可能完全一致,它们与理想状态存在或大或小的偏差,这一偏差称为加工误差。加工误差过大会影响零部件的使用功能;加工误差过小又会增加制造难度和成本。因此,在机械产品设计过程中要合理地控制加工误差,这一过程即为精度设计。

机械精度设计主要包括尺寸精度设计、几何精度设计、表面精度设计等内容。其中,尺寸精度包括主要工作表面的配合要求和重要结构的尺寸要求;几何精度主要控制零件形状及相互位置关系;表面精度主要控制零件表面凹凸不平的程度。

机械精度设计的结果即所谓的公差,是加工误差的允许值,包括配合公差、尺寸公差、几

何公差及表面粗糙度公差等。精度设计完成后设计人员需要将各种公差要求标注在工程图纸上。通常,在装配图中标注配合公差,在零件图中标注尺寸公差、几何公差及表面粗糙度公差。

3. 机械精度设计的原则

(1) 互换性原则:机械零件几何参数的互换性是指同规格零件在几何参数方面能够彼此互相替换的性能。

(2) 经济性原则:指合理的工艺性、合理的精度要求、合理选材、合理的调整环节、提高寿命。

(3) 匹配性原则:根据机器或位置中各部分各环节对机械精度影响程度的不同,对各部分各环节提出不同的精度要求和恰当的精度分配,做到恰到好处,这就是精度匹配原则。

(4) 最优化原则:探求并确定各组成零部件精度处于最佳协调时的集合体。例如探求并确定先进工艺、优质材料等。

二、互换性概述

1. 互换性(interchange ability)的定义

在日常生活中,经常遇到这样一些现象:教室里的灯管坏了,可以更换新的;使用的手机屏幕坏了,可以换块新屏;自行车坏了,可以更换新的零部件……之所以这样方便,是因为这些合格的产品和零部件在尺寸、功能上具有能够彼此互相替换使用的性能,即它们具有互换性。

GB/T 20000.1—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》中规定,互换性是指某一产品、过程或服务代替另一产品、过程或服务并满足同样要求的能力。机械产品的互换性,通常包括几何量、机械性能和理化性能等方面的互换性,本课程仅讨论几何量的互换性。

在机械工业生产中,互换性是产品设计最基本的原则之一。机械产品的互换性是指构成机器(或仪器)的同一规格的零件和部件所具有的以不同的程度和不同的方式可以互相替换使用的性能。也就是说,按同一规格产品图样要求,在不同时空条件下制造出来的一批零部件,在总装时,任取一个合格品,就能完好地装在机器上,并能达到预期的使用功能要求。这样的零部件,就称为具有互换性的零部件。例如,图 1-1 所示是一级齿轮传动减速器的装配示意图。该减速器主要由箱座 1、箱盖(图中未画出)、齿轮轴(输入轴)2、输出轴 9、带孔齿轮 11、轴承(3、10)、端盖(4、8、14、18)、键(5、12、16)、密封圈(6、15)、定位销 19 等许多零部件组成,这些零部件分别由不同工厂和车间加工而成。在装配时,制成的同一规格零部件中任取一件,若不需要经过任何挑选或修配,便能与其他零部件安装在一起而构成一台减速器,并且能够达到规定的功能要求,则说这样的零部件具有互换性。

2. 互换性的分类

互换性可以按以下形式进行分类:

(1) 按互换的程度或范围,分为完全互换和不完全互换。

完全互换:零部件不需任何辅助加工与修配,可不加挑选地进行装配或更换,就可以满足使用要求的性质。一般地,标准件采用完全互换,便于专业化生产和装配。

不完全互换:在装配前,将零件按实际尺寸分组,按组装配(即大孔与大轴相配,小孔与小轴相配);或采用更换零件或调整位置的办法来达到装配的精度要求。前者又称为分组互

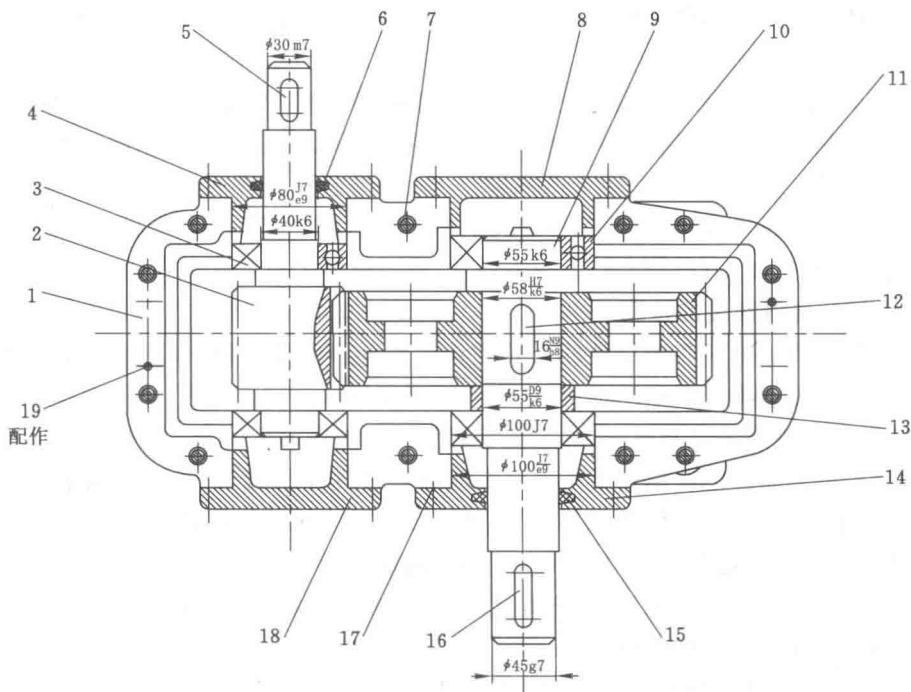


图 1-1 一级齿轮传动减速器装配示意图

1——箱座;2——输入轴;3、10——轴承;4、8、14、18——端盖;5、12、16——键;6、15——密封圈;
7——螺钉;9——输出轴;11——带孔齿轮;13——轴套;17——螺栓垫片;19——定位销

换,后者又称为调整互换。

(2) 按互换的方式或应用场合,分为内互换与外互换。

内互换:指部件或机构内部组成零件间的互换。例如,图 1-1 中滚动轴承内、外圈滚道与滚动物体之间的装配。内互换往往局限在厂家内部进行,在使用过程中一般不再更换内部零件,所以为了提高经济效益,内互换可采用不完全互换。

外互换:指部件或机构与其相配件间的互换。例如,图 1-1 中滚动轴承内圈内径与轴颈的配合,外圈外径与机座孔的配合。外互换常用于厂与厂之间、部门与部门之间的协作件的配合,和在使用过程中需要更换的零件,所以为了获得良好的技术效益,外互换采用完全互换。

3. 互换性的作用

按互换性原则组织生产,不仅能大大提高产品质量和劳动生产率,而且能促进技术进步,显著提高经济效益和社会效益。其主要表现有以下几方面:

(1) 在产品设计时,尽量多地采用具有互换性的通用件、标准件,将大大简化绘图、计算等设计工作量,也便于采用计算机辅助设计,缩短设计周期。

(2) 在产品制造时,同一台设备的各个零部件可以分散在多个工厂同时加工。这样,每个工厂由于产品单一、分工精细、批量较大,有利于采用高效率的专用设备或采用计算机辅助制造,容易实现优质、高产、低耗,生产周期也会显著缩短。

(3) 在产品装配时,将各专业厂分散制造的零部件集中组装,由于零部件具有互换性,

可以不加挑选、随机装配,使得装配作业顺利,易于实现流水作业或自动化装配,从而缩短装配周期,提高装配作业质量。

(4) 在产品使用时,容易保证其运转的连续性和持久性,从而提高设备的使用价值。若机械设备上的零部件具有互换性,一旦某一零部件损坏,就可以方便地用同规格的新备件替换,保证连续运转。

(5) 在产品管理时,无论是技术和物资供应,还是计划管理,零部件具有互换性将便于实现科学化管理。

三、机械几何量精度的检测

精度设计对机械产品各零部件的几何量分别规定了合理的公差,若不采取适当的检测措施,那么,规定的这些公差形同虚设,不能实现零部件的互换性。因此,按照标准和技术要求进行检测,不合格者不予接收,方能保证零部件的互换性。

检测是检验和测量的统称。测量的结果能够获得具体的数值;检验的结果只能判断合格与否,而不能获得具体的数值。显然,检测是组织互换性生产必不可少的重要措施。但是,在检测过程中不可避免地会产生或大或小的测量误差,这将导致两种误判:一是把不合格品误认为合格品而给予接收,二是把合格品误认为废品而给予报废。这要从保证产品质量和经济性两方面加以合理解决。

必须指出,检测的目的不仅仅在于判断工件是否合格,还有其积极的一面,这就是根据检测的结果,分析产生废品的原因,以便设法减少废品,进而消除废品。

生产和科学技术的发展,对检测的准确度和效率提出越来越高的要求。产品质量的提高,有赖于检测准确度的提高。产品数量的增多,在一定程度上还有赖于检测效率的提高。

几何量检测在我国具有悠久的历史,早在秦朝,我国已统一了度量衡制度。新中国成立后,1959年国务院发布了《关于统一计量制度的命令》,正式确定采用国际米制作为我国的长度计量单位。1977年国务院发布了《中华人民共和国计量管理条例》,健全了各级计量机构和长度量值传递系统,保证了全国计量单位的统一,促进了产品质量的提高。1984年国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,在全国范围内统一实行以国际单位制为基础的法定计量单位。1985年全国人大常委会通过并由国家主席发布了《中华人民共和国计量法》,使我国国家计量单位制度更加统一,从而更好地促进了我国社会主义现代化建设和科学技术的发展。

在建立和加强我国计量制度的同时,我国的计量器具也有了较大的发展,现在已拥有一批骨干量仪厂,生产了许多品种的量仪;如万能工具显微镜、万能渐开线检查仪等。此外,还研制成一些达到世界先进水平的量仪,如激光光电比长仪、激光丝杠动态检查仪、光栅式齿轮整体误差测量仪、无导轨大长度测量仪等。

第二节 标准与标准化

现代社会生产活动是建立在先进技术装备、严密分工、广泛协作基础上的社会化大生产。产品的互换性生产,无论从深度还是广度上,都已进入新的发展阶段,远超出了机械工业的范畴,已扩大到国民经济各个行业和领域。互换性原则已成为机械工业和其他行业生产的基本技术经济原则。标准化是实现互换性生产的前提,技术检测是实现互换性生产必

不可少的技术保证。因此,标准化、技术检测和互换性三者形成了一个有机的整体。

1. 标准(standard)的概念

GB/T 20000.1—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》中规定,标准是指为了在一定的范围内获得最佳秩序,经协商一致制定并由公认机构批准,共同使用的和重复使用的一种规范性文件。

制定标准的目的是获得国民经济最佳秩序;依据是科学技术和生产实践经验综合成果;标准的对象是在经济技术活动中具有多样性、相关特征的重复事物;制定标准的方法是通过充分协商,并由公认机构批准发布统一规定。

2. 标准化(standardization)的概念

GB/T 20000.1—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》中规定,标准化是指为了在一定范围内获得最佳秩序,对现实问题或潜在问题制定共同使用和重复使用的条款的活动。上述活动主要包括制定、发布及实施标准的过程。

标准化的主要特征是“活动过程”,制定标准的目的在于贯彻标准,当标准在国民经济技术活动中得到贯彻时,才能表现出标准化的效果。通过这一活动过程,提高了科学技术与生产水平。随着科学技术的发展,原来的标准水平落后于生产技术发展,此时要在新的基础上,修订原来的标准,修订后的标准在深度、广度和水平方面皆比原来的标准有所提高。如此重复循环,使标准水平不断提高,呈螺旋式上升。

3. 标准的分类

标准种类繁多、数量巨大,可从不同的角度进行分类。

(1) 按作用范围,可分为国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准、企业标准和试行标准。

国际标准(international standard)是由国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)和国际电信联盟(ITU)以及 ISO 确认并公布的其他国际组织制定的标准。

区域标准(regional standard)是由区域标准化的标准组织制定并发布的标准。

国家标准(national standard)是由国务院标准化行政主管部门制定的标准,用“GB”表示,读做“国标”。

行业标准由国务院有关行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门备案。在公布相应的国家标准之后,该项行业标准即行废止。

地方标准(provincial standard)由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门和国务院有关行政主管部门备案。在公布相应的国家标准或者行业标准之后,该项地方标准即行废止。

企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业标准,作为组织生产的依据。企业的产品标准须报当地政府标准化行政主管部门和有关行政主管部门备案;已有国家标准和行业标准的,企业还可以制定严于国家标准和行业标准的企企业标准,在企业内部使用。

试行标准是由某个标准化机构临时通过并公开发布的文件,目的是从它的应用中取得必要的经验,再据以建立正式的标准。

(2) 按标准的法律属性,可分为强制性标准、推荐性标准、指导性标准。

《中华人民共和国标准化法》中规定:“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。”强制性标准颁布后,凡从事科研、生产、经营的单位和个人,都必须严格执行。推荐性标准不具有法律的约束力,但一经被采用,或在合同中被引用,就应该严格执行并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。随着社会主义市场经济的发展,我国现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。

本课程主要涉及三十多个国家标准,它们大多是基础标准,且自 20 世纪 90 年代以后颁布的这些国家标准多为推荐性标准。

(3) 按标准化对象的特性,标准可分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准、环境保护标准等。

基础标准是生产技术活动中最基本、最具有广泛指导意义的标准。它是具有最一般的共性、通用性的标准。例如通用的名词术语、计量单位、机械制图和本书所涉及的极限与配合标准、几何公差标准等皆为基础标准。

产品标准是指为某一类产品的型式、尺寸、主要性能参数、质量指标、试验方法、验收规则,以及包装、储存、运输、使用、维修等方面内容所制定的标准。

方法标准是指以试验、检验、分析、抽样统计等各种方法为对象制定的标准。

安全、卫生与环境保护标准是指一切属于设备和人身安全、卫生以及有关保护环境的标准。

有了标准,并且标准得到正确的贯彻实施,就可以保证产品质量,缩短生产周期,便于开发新产品和协作配套,提高国民经济计划性和企业管理水平。而标准化是组织现代化大生产的重要手段,是联系设计、生产和使用等方面的纽带,是科学管理的重要组成部分。

标准化不是当今才有的,早在人类开始创造工具时代就已出现。它是社会生产劳动的产物。在近代工业兴起和发展的过程中,标准化日益显得重要起来。在 19 世纪,标准化的应用就十分广泛,尤其在国防、造船、铁路运输等行业中的应用更为突出。20 世纪初期,一些资本主义国家相继成立全国性的标准化组织机构,推进了本国的标准化事业。以后由于生产的发展,国际交流越来越频繁,因而出现了地区性和国际性的标准化组织。1926 年成立了国际标准化协会(简称 ISA)。第二次世界大战后,1947 年重建国际标准化协会,改名为国际标准化组织(简称 ISO)。现在,这个世界上最大的标准化组织已成为联合国甲级咨询机构。据统计,ISO 制定了约 8 000 多个国际标准。

我国标准化工作在新中国成立后得到重视。从 1958 年发布第一批 120 项国家标准起,至今已制定两万多项国家标准。目前,我国已按“积极采用国际标准和国际先进标准”的原则,制定出新一代国家标准——产品几何量技术规范(GPS),其中有关几何量精度的推荐性国家标准都是等同或等效采用了相应的国际标准(ISO)。如《极限与配合》、《表面粗糙度》、《几何公差》、《普通螺纹公差与配合》、《光滑极限量规》、《光滑工件尺寸的检验》、《渐开线花键公差》、《渐开线圆柱齿轮 精度》等,都与相应的国际标准基本统一,从而有利于国际合作与交流。

总之,标准化是发展贸易、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、改善人民生活等都有重要作用。

第三节 优先数与优先数系

在设计机械产品和制定标准时,常常和很多数值打交道。各种产品的功能参数和几何量参数都要用数值来表述,而产品参数的数值具有扩散传播性。例如,在设计减速器箱体上的螺孔时,螺孔的直径(螺纹尺寸)一旦确定,则与之相配合的螺钉尺寸、加工用的丝锥尺寸、检验用的螺纹塞规尺寸,甚至攻螺纹前的钻孔尺寸和钻头尺寸,也随之而定,且由于上述螺孔直径数值的确定,又使与之相关的垫圈尺寸、轴承盖上通孔的尺寸也随之而定。由于数值如此不断关联、不断传播,常常形成牵一发而动全身的现象,这就牵涉到许多部门和领域。在现代工业生产中,专业化程度高,国民经济各部门要协调和密切配合,因此技术参数的数值不能随意选择,而应该在一个理想的、统一的数系中选择。

1. 优先数与优先数系的定义

优先数系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制度。国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》中规定,优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有10的整数幂的几何级数的常用圆整值,各数列分别称为R5系列、R10系列、R20系列、R40系列和R80系列。其中,前4个系列为基本系列,R80为补充系列。

符合R5、R10、R20、R40和R80系列的圆整值称为优先数。各基本系列中优先数的常用值列于表1-1。

表 1-1 优先数基本系列

基本系列(常用值)				计算值	基本系列(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				3.35	3.349 7
			1.06	1.059 3			3.55	3.55	3.548 1
		1.12	1.12	1.122 0				3.75	3.758 4
			1.18	1.188 5	4.00	4.00	4.00	4.00	3.981 1
	1.25	1.25	1.25	1.258 9				4.25	4.217 0
			1.32	1.333 5			4.50	4.50	4.466 8
		1.40	1.40	1.412 5				4.75	4.731 5
			1.50	1.496 2		5.00	5.00	5.00	5.011 9
1.60	1.60	1.60	1.60	1.584 9				5.30	5.308 8
			1.70	1.678 8			5.60	5.60	5.623 4
		1.80	1.80	1.778 3				6.00	5.956 6
			1.90	1.883 6	6.30	6.30	6.30	6.30	6.309 6
	2.00	2.00	2.00	1.995 3				6.70	6.683 4
			2.12	2.113 5			7.10	7.10	7.079 5
		2.24	2.24	2.238 7				7.50	7.498 9

续表 1-1

基本系列(常用值)				计算值	基本系列(常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40		R5	R10	R20	R40	
			2.36	2.371 4		8.00	8.00	8.00	7.943 3
2.50	2.50	2.50	2.50	2.511 9				8.50	8.414 0
			2.65	2.660 7			9.00	9.00	8.912 5
		2.80	2.80	2.818 4				9.50	9.440 6
			3.00	2.985 4	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
	3.15	3.15	3.15	3.162 3					

2. 优先数与优先数系的特点

(1) 各优先数系的公比可统一用 $q_r = \sqrt[r]{10}$ 表示, 其圆整值分别为:

R5: $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$; R10: $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$; R20: $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$;

R40: $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$; R80: $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$

(2) 优先数的理论值可统一用 $(\sqrt[r]{10})^N$ 表示, 其中 N 为任意整数; $r=5, 10, 20, 40, 80$ 。优先数的理论值一般是无理数(即无限不循环小数), 不便于实际应用, 因此, 常采用以下几种形式:

① 计算值: 对理论值取五位有效数字的近似值, 计算值对理论值的相对误差小于 $1/20\ 000$, 在精确计算时可代替理论值。

② 常用值: 对计算值的相对误差在 $+1.26\% \sim -1.01\%$ 范围内, 且保留三位有效数字, 即通常所称的优先数。

③ 化整值: 对基本系列常用值进一步化整后所得的值, 一般取两位有效数字。

(3) 由表 1-1 可见, 优先数系可向数值增大和减小两个方向延伸, 而且, 在同一系列中, 每增加 r 个数, 数值增至 10 倍, 反之减小到 $1/10$ 倍。

(4) 由表 1-1 可见, 在一定范围内, 各优先数系中优先数的个数按照 R5、R10、R20、R40、R80 的顺序先疏后密, 且 $R5 \in R10 \in R20 \in R40 \in R80$ 。因此, 在选用优先数时, 也应按先疏后密的原则选取。

3. 派生系列

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 $1 \sim 10, 10 \sim 100$ 等各个十进制数内项值的分数级。派生系列的公比为:

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

比值 r/p 相等的派生系列具有相同的公比, 但其项值是多义的。例如, 派生系列 $R_{10/3}$ 的公比 $q_{10/3} = 10^{3/10} = 1.258\ 9^3 \approx 2$, 可导出三种不同项值的系列:

R10/3: 1.00, 2.00, 4.00, 8.00……

R10/3: 1.25, 2.50, 5.00, 10.0……

R10/3: 1.60, 3.15, 6.30, 12.5……

4. 应用举例

(1) 一般机械产品的主要参数通常按 R5 系列或 R10 系列选取。例如: 立式车床主轴