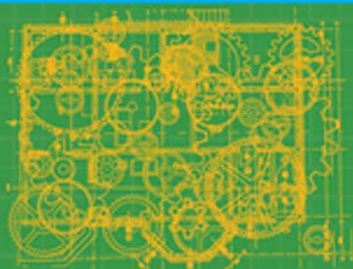


互换性与测量技术



主 编 ○ 赵秀荣 鲁昌国

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

互换性与测量技术

主 编 赵秀荣 鲁昌国

副主编 秦军伟 任金玉

参 编 刘德军 徐昆鹏

主 审 张本华 王晓方

内 容 简 介

本书概括了“互换性与测量技术”基础课程的主要内容,分析介绍我国公差与配合方面的最新标准,阐述技术测量的基本原理与方法,主要包括互换性与标准化,几何测量技术基础,尺寸公差与圆柱结合的互换性,几何公差与检测,表面粗糙度与检测,光滑工件尺寸的检测,滚动轴承与孔、轴结合的互换性,圆锥的公差与配合,键与花键的公差与检测,螺纹公差与检测,圆柱齿轮公差与检测共 11 章,并附有各章习题。

本书可作为高等院校机械专业的教材,也可供其他工科专业及其他行业的工程技术人员学习及使用参考。

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 / 赵秀荣, 鲁昌国主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 6
ISBN 978-7-5682-5725-1

I. ①互… II. ①赵…②鲁… III. ①零部件-互换性-高等学校-教材②零部件-测量技术-高等学校-教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 117524 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)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 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 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 355 千字

版 次 / 2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 62.00 元

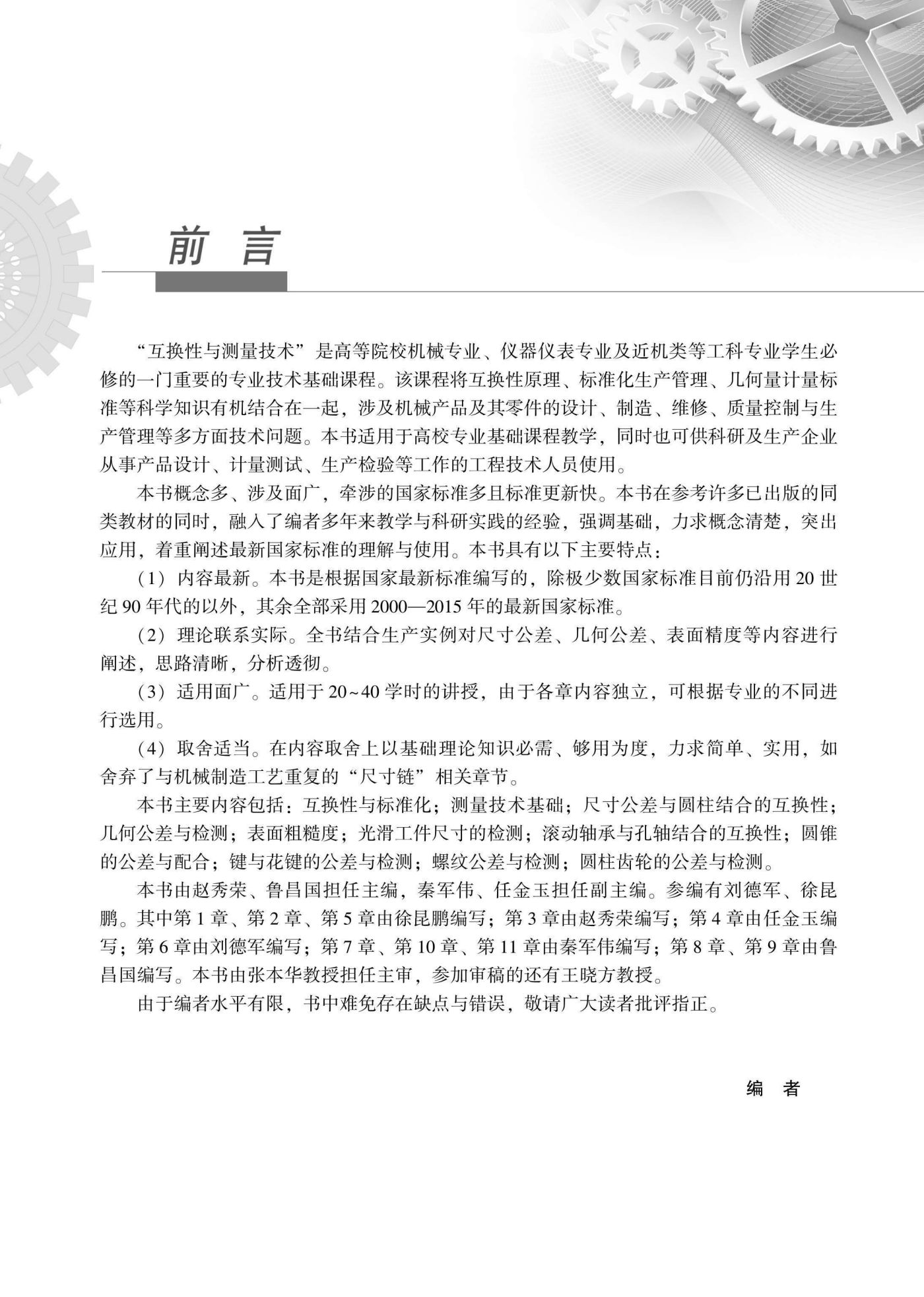
责任编辑 / 杜春英

文案编辑 / 党选丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

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



前言

“互换性与测量技术”是高等院校机械专业、仪器仪表专业及近机类等工科专业学生必修的一门重要的专业技术基础课程。该课程将互换性原理、标准化生产管理、几何量计量标准等科学知识有机结合在一起，涉及机械产品及其零件的设计、制造、维修、质量控制与生产管理等多方面技术问题。本书适用于高校专业基础课程教学，同时也可供科研及生产企业从事产品设计、计量测试、生产检验等工作的工程技术人员使用。

本书概念多、涉及面广，牵涉的国家标准多且标准更新快。本书在参考许多已出版的同类教材的同时，融入了编者多年来教学与科研实践的经验，强调基础，力求概念清楚，突出应用，着重阐述最新国家标准的理解与使用。本书具有以下主要特点：

(1) 内容最新。本书是根据国家最新标准编写的，除极少数国家标准目前仍沿用 20 世纪 90 年代的以外，其余全部采用 2000—2015 年的最新国家标准。

(2) 理论联系实际。全书结合生产实例对尺寸公差、几何公差、表面精度等内容进行阐述，思路清晰，分析透彻。

(3) 适用面广。适用于 20~40 学时的讲授，由于各章内容独立，可根据专业的不同进行选用。

(4) 取舍适当。在内容取舍上以基础理论知识必需、够用为度，力求简单、实用，如舍弃了与机械制造工艺重复的“尺寸链”相关章节。

本书主要包括：互换性与标准化；测量技术基础；尺寸公差与圆柱结合的互换性；几何公差与检测；表面粗糙度；光滑工件尺寸的检测；滚动轴承与孔轴结合的互换性；圆锥的公差与配合；键与花键的公差与检测；螺纹公差与检测；圆柱齿轮的公差与检测。

本书由赵秀荣、鲁昌国担任主编，秦军伟、任金玉担任副主编。参编有刘德军、徐昆鹏。其中第 1 章、第 2 章、第 5 章由徐昆鹏编写；第 3 章由赵秀荣编写；第 4 章由任金玉编写；第 6 章由刘德军编写；第 7 章、第 10 章、第 11 章由秦军伟编写；第 8 章、第 9 章由鲁昌国编写。本书由张本华教授担任主审，参加审稿的还有王晓方教授。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点与错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

第 1 章 互换性与标准化	001
1.1 互换性与公差的含义及作用	001
1.1.1 互换性的含义	001
1.1.2 公差的含义	001
1.1.3 互换性的分类	002
1.1.4 互换性的作用	002
1.2 标准化与优先数系	003
1.2.1 标准化	003
1.2.2 优先数系和优先数	006
习题	008
第 2 章 几何测量技术基础	009
2.1 概述	009
2.1.1 技术测量的基本概念	009
2.1.2 测量过程的四要素	010
2.1.3 计量基准与量值传递	011
2.1.4 量块的基本知识	012
2.2 计量器具和测量方法	015
2.2.1 计量器具的分类	015
2.2.2 计量器具的基本度量指标	016
2.2.3 测量方法	018
2.3 测量误差及数据处理	019
2.3.1 测量误差的基本概念	019
2.3.2 测量误差的来源	020
2.3.3 测量误差的分类	022
2.3.4 测量精度的分类	022
2.4 测量列中各类测量误差的处理	023
2.4.1 随机误差的处理及评定	023
2.4.2 测量列中系统误差的处理	028
2.4.3 测量列中粗大误差的处理	029

目 录

Contents

2.4.4 等精度测量的数据处理	029
习题	033
第3章 尺寸公差与圆柱结合的互换性	034
3.1 基本术语和定义	034
3.1.1 孔与轴	034
3.1.2 有关尺寸的术语和定义	035
3.1.3 有关偏差和公差的术语和定义	036
3.1.4 有关配合的术语和定义	039
3.2 公差与配合的标准化	043
3.2.1 标准公差系列	043
3.2.2 基本偏差系列	047
3.3 公差带与配合的标准化	057
3.3.1 常用尺寸段的极限与配合	057
3.3.2 大尺寸段的公差与配合	060
3.4 极限与配合的选择	061
3.4.1 基准制的选择	061
3.4.2 标准公差等级的选择	063
3.4.3 配合的选择	065
3.5 线性尺寸的一般公差	070
3.5.1 线性尺寸一般公差的定义	070
3.5.2 线性尺寸一般公差的作用	070
3.5.3 线性尺寸一般公差的极限偏差	071
习题	071
第4章 几何公差与检测	073
4.1 几何要素及几何公差概念	073
4.1.1 几何要素及其分类	073
4.1.2 几何公差的特征项目、符号及公差带	075
4.1.3 最小包容区域、理论正确尺寸与基准	077

4.2 几何公差标注	080
4.2.1 公差框格与基准符号	080
4.2.2 被测要素和基准要素的标注方法	082
4.3 几何公差及其公差带	083
4.3.1 形状公差及公差带	083
4.3.2 方向公差及公差带	086
4.3.3 位置公差及其公差带	093
4.3.4 跳动公差及公差带	096
4.4 公差原则与公差要求	099
4.4.1 相关术语及其意义	099
4.4.2 公差原则	103
4.5 几何公差的选择	113
4.5.1 几何公差特征项目的选择	113
4.5.2 公差原则和公差要求的选择	113
4.5.3 几何公差值（或公差等级）的选择	114
4.5.4 几何公差未注公差值的规定	117
4.6 几何误差的评定与检测原则	119
4.6.1 几何误差的评定	119
4.6.2 几何误差的检测原则	122
习题	124
第5章 表面粗糙度与检测	127
5.1 基本概念及其对零件使用性能的影响	127
5.1.1 基本概念	127
5.1.2 表面粗糙度对零件性能的影响	128
5.1.3 表面粗糙度的基本术语和定义	128
5.1.4 表面粗糙度的评定参数及数值	131
5.2 表面粗糙度的选择及标注	134
5.2.1 表面粗糙度参数值的选择	134
5.2.2 表面粗糙度的符号、代号及其标注	136

目 录

Contents

5.3 表面粗糙度的测量	142
5.3.1 表面粗糙度常用的检测方法	142
5.3.2 电感式轮廓仪的工作原理	142
习题	143
第6章 光滑工件尺寸的检测	145
6.1 通用计量器具	145
6.1.1 孔、轴实际尺寸的验收极限	145
6.1.2 计量器具的选择	147
6.2 光滑极限量规	150
6.2.1 光滑极限量规的功用和种类	150
6.2.2 量规的设计	151
习题	156
第7章 滚动轴承与孔、轴结合的互换性	157
7.1 滚动轴承的组成、分类及公差特点	157
7.1.1 滚动轴承的组成和分类	157
7.1.2 滚动轴承的公差等级及应用	158
7.1.3 滚动轴承的内、外径公差带	159
7.2 滚动轴承配合件的公差及选用	160
7.2.1 轴颈和外壳孔公差带的种类	160
7.2.2 滚动轴承配合的选择	161
7.2.3 轴颈和外壳孔的几何公差与表面粗糙度	164
7.2.4 滚动轴承配合选择示例	165
习题	166
第8章 圆锥的公差与配合	167
8.1 概述	167
8.1.1 圆锥结合的特点	167
8.1.2 圆锥配合的种类	167

8.2 圆锥结合的主要参数	168
8.2.1 圆锥的主要几何参数	168
8.2.2 圆锥公差的相关术语及定义	169
8.3 圆锥公差与配合	170
8.3.1 锥度与圆锥角系列	170
8.3.2 圆锥公差标准	171
8.3.3 圆锥配合标准	172
8.3.4 圆锥尺寸及公差标注	174
习题	176
第9章 键与花键的公差与检测	177
9.1 单键结合的互换性	177
9.1.1 单键连接的结构和主要几何参数	177
9.1.2 单键连接的配合、技术要求与检测	178
9.2 矩形花键结合的互换性	180
9.2.1 矩形花键连接的尺寸系列、几何参数及定心方式	180
9.2.2 矩形花键连接的配合及其选用	181
9.2.3 矩形花键连接的技术要求、标注与检测	182
习题	185
第10章 螺纹公差与检测	186
10.1 螺纹的种类及几何参数偏差对互换性的影响	186
10.1.1 螺纹的种类、基本牙型及其主要几何参数	186
10.1.2 螺纹几何参数偏差对互换性的影响	190
10.1.3 螺纹作用中径	192
10.2 普通螺纹的公差配合与检测	193
10.2.1 普通螺纹的公差配合与标注	193
10.2.2 普通螺纹的检测	198
10.3 梯形丝杠副与滚珠丝杠副的公差	199
10.3.1 梯形丝杠副的公差	199

目 录

Contents

10.3.2 滚珠丝杠副的公差	201
习题	201
第 11 章 圆柱齿轮公差与检测	202
11.1 齿轮的使用要求及加工误差	202
11.1.1 齿轮的类型和使用要求	202
11.1.2 齿轮的加工方法、误差来源和分类	204
11.2 单个齿轮的评定参数及其检测	206
11.2.1 影响齿轮传动平稳性的误差及检测	206
11.2.2 影响传递运动准确性的因素及检测参数	209
11.2.3 影响齿轮载荷分布均匀性的误差及检测	212
11.2.4 影响齿轮副侧隙的因素及检测	213
11.3 齿轮副的评定指标与检测	216
11.3.1 轴线平行度偏差及检测	216
11.3.2 接触斑点及检测	217
11.3.3 齿轮副侧隙及检验	217
11.3.4 中心距极限偏差	218
11.3.5 齿轮副切向综合误差	219
11.4 渐开线圆柱齿轮精度标准	219
11.4.1 齿轮的精度等级与检测	219
11.4.2 齿轮副侧隙的选择及计算	221
11.4.3 齿轮精度和表面粗糙度选择与齿轮精度标注	223
习题	225
参考文献	227



第1章 互换性与标准化

1.1 互换性与公差的含义及作用

1.1.1 互换性的含义

在现代制造业生产中，经常要求产品的零部件具有互换性。互换性在日常生活中随处可见。例如，灯泡坏了可以换新的，汽车、拖拉机的零件坏了也可以换新的。这是因为合格的产品和零部件具有在材料性能、几何尺寸、使用功能上彼此互换的属性。

从广义上来说，互换性是指一种产品、过程或服务代替另一种产品、过程或服务，且能满足同样要求的能力。从狭义上来说，对于机械行业，互换性通常是指同一规格的一批零部件，按照规定的技术要求制造或装配，彼此能够相互替代使用，而且具有效果相同的性能。

互换性是许多工业部门在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，还涉及机械设计、生产及使用的重大技术和经济问题。

1.1.2 公差的含义

零件在加工过程中，由于各种因素（机床、刀具、温度等）的影响，零件的尺寸、形状及表面粗糙度等几何量难以达到理想状态，总是存在或大或小的误差。从零件的使用功能看，不必要求零件的几何量制造得绝对准确，只要零件几何量在某一规定的范围内变动，即可满足要求。人们把这个允许几何量变动的范围称为“几何量公差”，简称“公差”。

为保证零件的互换性，就要用公差来控制零件的加工误差。由于零件在加工过程中不可避免地会产生误差，因此要使零件具有互换性，就必须把完工的零件的误差控制在规定的公差范围内。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。在满足功能要求的前提下，公差值应尽量规定得大些，这样才能获得最佳的经济效益。



1.1.3 互换性的分类

从广义上讲,零部件的互换性应包括几何量、力学性能和物理化学性能等方面。本课程仅研究零部件几何量的互换性,即机械零件的尺寸、形状、方向、位置、表面精度等方面的公差与检测问题。

1) 按照生产中不同场合对互换的形式和程度的不同要求,互换性分为完全互换性和不完全互换性两类。

完全互换性简称“互换性”,是指零部件在更换或装配时,无须任何的挑选和辅助加工步骤,任取其一装到机器上,即能满足规定要求。设计时,对于易耗件、通用件、标准件以及批量生产、外协生产的产品应遵循完全互换原则。例如,汽车、拖拉机的变速箱零件,齿轮,轴承,螺钉,螺母等。

不完全互换性也称“有限互换性”,是指零部件装配时允许有附加条件的选择或调整,可以用分组装配法、调整法或其他方法来实现。对加工后的零件,通过测量,按照其实际尺寸的大小划分成若干组,使某组内零件之间实际尺寸的差别变小,然后再按对应组进行装配或更换。但是组与组之间的零件不能互换。比如,汽车、拖拉机发动机上的缸套、活塞。

当零部件结构复杂、装配要求高时,须经过综合评定其技术经济指标(如产品精度、生产规模、设备条件、技术水平)后,再决定采用完全互换还是不完全互换。

2) 对于标准部件或机构来讲,互换性又可分为内互换和外互换。内互换是指部件或机构内部组成零件之间的互换性;外互换是指标准部件或机构与其相配件间的互换性。例如,滚动轴承内圈、外圈滚道直径与滚动体(滚珠或滚柱)直径间的配合为内互换;滚动轴承内圈内径与传动轴的配合、滚动轴承外圈外径与机座孔的配合为外互换。

1.1.4 互换性的作用

1. 设计方面

由于采用具有互换性的零部件,采用标准件,使许多零部件不必重新设计,从而可以简化绘图和计算过程,缩短设计周期,有利于计算机辅助设计,对发展系列产品和促进产品结构、性能的改善,都有很大的作用。

2. 制造方面

互换性有利于组织专业化生产、采用先进工艺和高效专用设备;互换性有利于采用成组技术、计算机辅助制造、柔性制造系统等现代制造技术;互换性有利于实现加工过程自动化、柔性自动化、集成化和智能化,从而提高劳动生产率、提高产品质量、降低生产成本。

3. 使用和维修方面

由于零件具有互换性,损坏后可以快速地用其他同型号的零件来代替,从而使机器维修方便,保证机器工作的连续性和持久性,延长机器的使用寿命,提高使用价值。

总之,在生产中实施互换性,对提高产品质量及产品可靠性、提高经济效益等方面均具有重大意义,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,对促进



我国的现代化工业生产起着积极的作用。

1.2 标准化与优先数系

1.2.1 标准化

现代工业社会化生产的特点是规模大、分工细、协作单位多。要实现互换性生产，必须有一种手段，能使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的统一，成为一个有机的整体。标准与标准化正是保证这种生产的主要途径和手段。

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。标准化是制定标准和贯彻标准的全过程，是互换性生产的基础。

1. 标准

GB/T 20000.1—2014 对标准的定义：“为在一定范围内获得最佳秩序，对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性文件。”标准对于改进产品质量、缩短设计周期、开发新产品和协作配套、提高社会经济效益等方面具有重要意义。

2. 标准化

GB/T 20000.1—2014 对标准化的定义：“为在一定的范围内获得最佳秩序，对实际的或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动。”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、修订、贯彻标准是标准化活动的主要任务；而在标准化的全部活动中，贯彻标准是核心环节。

3. 标准分类

(1) 按标准的作用范围分类

按标准的作用范围分类，标准分为国际标准、国家标准、区域标准、行业标准、地方标准和企业标准。

1) 国际标准用符号“ISO”（“国际标准化组织”的英文缩写）表示。国家标准用符号“GB”（汉语拼音首字母）表示。

2) 区域标准又称为地区标准，用符号“DB”表示。泛指世界某一区域标准化团体所通过的标准。

3) 行业标准就是对没有国家标准，而又需要在全国某行业范围内统一的技术要求。但有了相应国家标准后，该行业标准即行废止。

4) 地方标准是指没有国家标准和行业标准，但又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的产品安全、卫生等要求。但在公布相应的国家标准或行业标准后，该地方标准即行废止。

5) 企业标准就是对企业生产的产品，在没有国家标准和行业标准的情况下，制定作为组织生产的依据。对于已有国家标准或行业标准的，企业也可以制定严于国家标准或行业标准的企业标准，供企业内部使用。



(2) 按标准的性质分类

按标准的性质分类,标准分为技术标准、管理标准和工作标准。

1) 技术标准是指根据生产技术活动的经验和总结,作为技术上共同遵守的法则而制定的标准。

2) 管理标准是指对标准化领域中需要协调统一的管理事项所制定的标准。管理标准按其对象可分为技术管理标准、生产组织标准、经济管理标准、行政管理标准等。

3) 工作标准是指对工作的内容、方法、程序和质量要求所制定的标准。工作标准的内容包括各岗位的职责和任务、每项任务的数量、质量要求及完成期限,完成各项任务的程序和方法,与相关岗位的协调、信息传递方式,工作人员的考核与奖罚方法等。

(3) 按标准化对象的特征分类

按标准化对象的特征分类,标准分为基础标准,产品标准,方法标准和安全、卫生与环境保护标准等。

这里只介绍基础标准。

基础标准是制定其他标准时可依据的标准,是指在一定范围内作为标准的基础并普遍使用,具有广泛指导意义的标准,如极限与配合标准、几何公差标准等。本书所涉及的标准就是基础标准。

(4) 按标准的法律属性分类

按标准的法律属性分类,标准分为强制性标准和推荐性标准。

国家标准中必须执行的标准(强制性标准)记为 GB,推荐执行的标准(推荐性标准)记为 GB/T。

4. 标准化的发展历程

标准化在人类能制造工具的时代就已出现,不过远古时代的标准化只是萌芽的形式。近现代标准化的发展则是社会生产及文明进步的重要特征。所以,国际标准化的真正发展可分为三个阶段,即工业化时期近代标准化的起步、第二次世界大战后标准化的迅猛发展、新世纪标准向国际化的快速迈进。

(1) 工业化时期近代标准化的起步阶段

近代工业标准化开始于 18 世纪末,首先在英国出现的纺织工业革命标志着工业化时代的开始。大机器工业生产方式促使标准化发展成为有明确目标和有系统组织的社会性活动。1798 年,美国的艾利·惠特尼发明了工序生产方法,并设计了专用机床和工装用以保证加工零件的精度,首创了生产分工专业化、产品零件标准化的生产方式,惠特尼因此被誉为“标准化之父”。1841 年,英国人 J·B·惠特沃思设计了被称为“惠氏螺纹”的统一制式螺纹,因其具有明显的优越性,很快被英国和欧洲采用。其后,美国、英国和加拿大协商将惠氏螺纹和美国螺纹合并成统一的英制螺纹。1902 年,英国纽瓦尔公司出版了纽瓦尔标准——“极限表”,这是最早出现的公差制。1906 年,英国颁布了国家公差标准。此后,螺纹、各种零件和材料等也先后实现了标准化,成百倍地提高了劳动生产率。1911 年,美国的泰勒发表了《科学管理原理》,把标准化的方法应用于制定“标准作业方法”和“标准时间”,开创了科学管理的新时代,通过管理途径标准化进一步提高了生产率。在一系列标准化和科学管理成就的基础上,美国福特汽车公司在 1914—1920 年,打破了按机群方式组织车间的传统做法,创造了汽车制造的连续生产流水线,采用建立在标准化基础上的流水作业



法,把生产过程中的时间和空间组织统一起来,促进了大规模流水生产线的发展,极大地提高了生产效率。随着各种行业分工的发展、机器大工业化的进程深入,各种学术团体、行业协会等组织纷纷成立。1901年诞生了世界上第一个国家标准化机构——英国工程标准委员会。之后,在不长的时间内,先后有25个国家成立了国家标准化组织。

这个时期的标准化的发展是与当时的外部环境密切相连的。工业革命的发展、竞争的加剧,使各产业部门都在迫切寻求提高生产率的途径,标准的制定无疑在一定程度上成为提高生产效率和劳动生产力水平的法宝,为工厂缓解了无序竞争带来的压力。此外,工业化的初期,市场狭小和当时的工业标准只是对当地用户和有关工厂生产能力的反映,使用范围有限。后来,运输业的发展,导致了市场和交换范围的扩大。由于不同地区生产的同一用途的材料和零件互不统一,迫切需要在更大范围内开展标准化。

(2) 第二次世界大战后标准化的迅猛发展阶段

第二次世界大战期间,由于军需品的互换性很差,规格不统一,致使盟军的供给异常紧张,许多备件要从美国运往欧洲战场,造成了极大的损失。为此,军需部门再度强调标准化。在第二次世界大战期间,美国声学协会制定了军用标准制定程序,并制定了一批军工新标准,修订了老标准,促进了军事工业的发展。

1946年,英国、中国、美国、法国等25个国家的国家标准化机构在伦敦成立了国际标准化组织(ISO)。1961年,欧洲标准化委员会(CEN)在法国巴黎成立。1976年,欧洲电工标准化委员会(CENELEC)在比利时布鲁塞尔成立。这个时期各个国家基本都处于战后恢复重建的过程中,经济恢复发展是首要目标。在这个过程中,各个国家已经认识到标准对于经济发展的重要影响,因此纷纷加大对标准化的投入力度,致使标准在这一时期迅速发展。

(3) 新世纪标准向国际化的快速迈进阶段

国际经济贸易交流的开始也就意味着标准的国际化开始。进入新世纪之后,标准的国际化得到了迅速发展,其主要原因有迅速兴起的世界范围的新技术革命和以“WTO”为标志的经济全球化。一方面,信息技术的迅速发展除拓宽了标准制定的领域,也加大了各国标准之间的联系,并且缩短了标准制定的时间,推动了标准化的发展;另一方面,各国贸易交往频繁,经济一体化发展的趋势不可避免,国际贸易的扩大、跨国公司的发展、地区经济的一体化,都直接影响着世界各国的标准化。伴随着信息新技术革命以及经济全球化的发展,各国都在积极地参与国际标准化活动,采用国际标准成为普遍的现象。这种标准的国际性,不仅是国际经济贸易交往的必然要求,也是减少或消除贸易壁垒、促进国际经济发展的必要条件。WTO/TBT协定于1994年在“乌拉圭回合”中签署,成为WTO最重要的协定之一。

这一时期标准化的特点是系统性、国际性以及目标和手段的现代化。标准化的发展离不开信息技术的发展,离不开全球经济贸易的交流,并且在一定程度上标准化反过来促进了信息技术与经济贸易的发展。经济的发展与信息科学技术的发展是这个阶段标准化发展的主要推动力。

我国的标准化工作主要是在中华人民共和国成立以后逐步发展起来的,从1958年发布的第一批120个国家标准起,至今已制定了2万多个国家标准。我国现在正以国际标准为基础制定许多新的国家标准,逐渐向ISO靠拢。我国在1978年恢复为ISO成员国,1982年、1985年两届当选为ISO理事国,已经开始承担ISO技术委员会秘书处工作和国际标准的起



草工作。从 1979 年开始,我国制定并发布了以国际标准为基础制定的新的公差标准。从 1992 年开始,我国又发布了以国际标准为基础而进行修订的 GB/T 类新公差标准。1988 年全国人大常委会通过并由国家主席发布了《中华人民共和国标准化法》。我国公差标准化的水平为我们国家的现代化发展及国家经济的发展做出了重要贡献,并起着日趋重要的作用。

1.2.2 优先数系和优先数

为保证互换性,必须合理地确定零件公差。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影响与制约相关的几何尺寸,这就是数值的传播规律。如螺栓直径确定后,不仅会传播到螺母内径上,也会传播到螺纹的加工刀具和检测量具及装配工具上。

技术参数值之间即使只有很小的差别,经过多次传播后,也会造成尺寸规格的繁多杂乱,如果随意取值,就会给组织生产、协作配套和设备维修带来很大不便。因此,生产中,为了满足用户的不同需求,同一种产品的同一参数就要从大到小取不同值,从而形成不同规格的产品系列。优先数系和优先数正是对技术参数进行简化和统一的数值制度,也是公差数值标准化的理论基础。

1. 优先数系及其公比

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。GB/T 321—2005《优先数和优先数系》规定,采用十进制等比数列作为优先系列,分别用系列符号 R5、R10、R20、R40、R80 表示,称为“Rr 系列”。其中,R5、R10、R20、R40 称为“基本系列”,R80 称为“补充系列”。

优先数系是 19 世纪末(1877 年),由法国人查尔斯·雷诺(Charles Renard)首先提出的。当时载人升空的气球所使用的绳索尺寸由设计者随意规定,多达 425 种。

(1) 基本系列(见表 1-1)和补充系列

表 1-1 优先数系的基本系列(常用值)(摘自 GB/T 321—2005)

基本系列	1~10 的常用值										
R5	1.00		1.60		2.50		4.00		6.30		10.00
R10	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00
R20	1.00	1.12	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00	2.24	2.50	2.80	
	3.15	3.55	4.00	4.50	5.00	5.60	6.30	7.10	8.00	9.00	10.00
R40	1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80
	1.90	2.00	2.12	2.24	2.36	2.50	2.65	2.80	3.00	3.15	3.35
	3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.30	5.60	6.00	6.30
	6.70	7.10	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00			

优先数系的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$,并规定了五个系列($r=5、10、20、40、80$)。

基本系列和补充系列具有如下规律:



1) 延伸性。移动小数点位置, 可将数列向两侧无限制延伸, 即数列中的优先数值每隔 r 项增加 10 倍或减小 $1/10$ 。

2) 包容性与插入性。包容性是指 R5、R10、R20、R40 数列分别包容在 R10、R20、R40、R80 数列中。插入性是指 R10、R20、R40、R80 数列分别是由 R5、R10、R20、R40 数列中相邻两项之间插入一项形成的。

3) 相对差比值不变性。相对差比值不变性是指在同一优先数列中, 相邻两项的后项减前项与前项的比值不变。这样有利于产品的分级、分档。

优先数系的五个系列的公比都是无理数, 在工程技术上不能直接应用, 而实际应用的是理论公比经过化整后的近似值, 各系列的公比如下:

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

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

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

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

R80 数系的公比: $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.029\,1 \approx 1.03$

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”。该系列各项的数值见表 1-1。

(2) 派生系列

为了使优先数系有更大的适应性, 可以从 R_r 数列中, 每逢 p 项取一个优先数组成新的数列, 称为“派生数列”, 记为“ R_r/p ”。派生数列首项取值不同, 所得的派生数列也不同。比方, $R_{10}/3$ 是在 R10 系列中每逢三项取一个优先数而形成的, 例如:

1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.0, 32.0, 64.0

(3) 基本系列的选用原则

在选用基本系列时, 应遵循先疏后密的原则, 即应按照 R5、R10、R20、R40 的顺序选取, 以免规格过多。当基本系列不能满足分级要求时, 可选用补充系列或派生系列。

2. 优先数

优先数系的五个系列 (R5、R10、R20、R40 和 R80) 中的任一个项值均称为“优先数”, 根据其取值的精确程度, 数值可分为以下几类。

(1) 优先数的理论值

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 $\sqrt[5]{10}$ 、 $(\sqrt[5]{10})^2$ 、 $(\sqrt[5]{10})^3$ 、 $(\sqrt[5]{10})^4$ 、10 等。

理论值一般是无理数, 不便于进行实际应用。

(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, 其相对误差小于 $1/20\,000$, 供精确计算用。例如, 1.60 的计算值为 1.584 9。

(3) 优先数的常用值

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。