

高等院校机电类 工程教育 系列规划教材

互换性与技术测量

■ 主编 杨铁牛

→ **互换性与技术测量：**本书在编者20多年授课经验的基础上编写而成。全书引用了最新的国家标准，内容完整全面、简洁实用，可满足课时压缩的需要；书中工程实例多且前后相关，利于将所学内容形成一个完整的概念；书后附有“常用词汇中英文对照”、若干工程示意图和索引，并为任课老师免费提供电子课件。详细内容请见目录和索引 >>>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等院校机电类工程教育系列规划教材

互换性与技术测量

主 编 杨铁牛

副主编 崔 敏 金守峰

蔡 菊 张祁莉

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书根据“互换性与技术测量”课程学时压缩的情况,编写时尽量贯彻既完整全面又简洁实用的思想。书中工程实例多且前后相关,可使读者对所学内容有一个完整的概念。其主要内容包括:互换性与标准化概论、圆柱体结合尺寸精度的控制与评定、测量技术基础、几何公差及检测、表面轮廓特征的控制与评定、典型零部件的几何精度设计、圆柱齿轮传动误差的评定与齿轮的精度设计、机械系统的精度设计和机械精度设计与实例分析。附录中还列出“常用词汇中英文对照”和若干工程示意图,书中所有工程实例可利用索引查找,并为任课教师免费提供电子课件。

本书是机械工程及其自动化专业的教学用书,也可以作为近机类专业如轻工机械、化工机械等专业的教学用书,同时可供科研及生产单位从事产品设计和计量测试等工作的工程技术人员使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/杨铁牛主编. —北京:电子工业出版社,2010.6

(高等院校机电类工程教育系列规划教材)

ISBN 978-7-121-10949-2

I. ①互… II. ①杨… 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(2010)第094003号

策划编辑:余义

责任编辑:刘真平

印刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:15 字数:384千字

印次:2010年6月第1次印刷

印数:4000册 定价:29.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序

2008年7月间,电子工业出版社邀请全国20多所高校几十位机电领域的老师,研讨符合“工程教育”要求的教材的编写方案。大家认为,这适应了目前我国高等院校工科教育发展的趋势,特别是对工科本科生实践能力的提高和创新精神的培养,都会起到积极的推动作用。

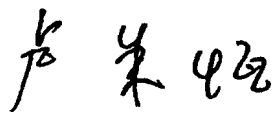
教育部于2007年1月22日颁布了教高(2007)1号文件《教育部财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》。同年2月17日,紧接着又颁布了教高(2007)2号文件《教育部关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见》。由这两份文件,可以看到国家教育部已经决定并将逐步实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称质量工程),而质量工程的核心思想就在于培养学生的实践能力和创新精神,提高教师队伍整体素质,以及进一步转变人才培养模式、教学内容和教学方法。

教学改革和教材建设从来都是相辅相成的。经过近两年的教改实践,不少老师都积累了一定的教学经验,借此机会,编写、出版符合“工程教育”要求的教材,不仅能够满足许多学校对此类教材的需求,而且将进一步促进质量工程的深化。

近一年来,电子工业出版社选派了骨干人员与参加编写的各位教授、专家和老师进行了深入的交流和研究。不仅在教学内容上进行了优化,而且根据不同课程的需要开辟了许多实践性、经验性和工程性较强的栏目,如“经验总结”、“应用点评”、“一般步骤”、“工程实例”、“经典案例”、“工程背景”、“设计者思维”、“学习方法”等,从而将工程中注重的理念与理论教学更有机地结合起来。此外,部分教材还融入了实验指导书和课程设计方案,这样一方面可以满足某些课程对实践教学的需要,另一方面也为教师更深入地开展实践教学提供丰富的素材。

随着我国经济建设的发展,普通高等教育也将随之发展,并培养出适合经济建设需要的人才。“高等院校机电类工程教育系列规划教材”就站在这个发展过程的源头,将最新的教改成果推而广之,并与其共进,协调发展。希望这套教材对更多学校的教学有所裨益,对学生的理论与实践的结合发挥一定的作用。

最后,预祝“高等院校机电类工程教育系列规划教材”项目取得成功。同时,也恳请读者对教材中的不当、不贴切、不足之处提出意见与建议,以便重印和再版时更正。



中国工程院院士、西安交通大学教授

教材编写委员会

主任委员 赵升吨(西安交通大学)

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

芮延年(苏州大学)

胡大超(上海应用技术学院)

钱瑞明(东南大学)

袁清珂(广东工业大学)

参编院校

(按拼音排序)

※ 安徽工业大学

※ 沈阳工业大学

※ 长安大学

※ 苏州大学

※ 东南大学

※ 苏州科技学院

※ 广东工业大学

※ 同济大学

※ 华南理工大学

※ 五邑大学

※ 华南农业大学

※ 武汉科技学院

※ 淮海工学院

※ 西安电子科技大学

※ 吉林师范大学

※ 西安工程大学

※ 南通大学

※ 西安工业大学

※ 山东建筑大学

※ 西安交通大学

※ 陕西科技大学

※ 西安科技大学

※ 上海应用技术学院

※ 西安理工大学

※ 深圳大学

※ 西安文理学院

前 言

时光荏苒，从一个工科学生到走出大学校门，进而走上教师的讲台一直到今天，我从事“互换性与技术测量”课程的教学工作已经二十多年了。社会环境、学生的求知环境和工作环境变化万千，因此很想将自己的教学体会总结出来，承蒙电子工业出版社的邀请，随即团结几位也是长期从事该门课程教学的老师，经过一年多的协作，完成了本书的编写工作。

“互换性与技术测量”是一门机械类各专业均需开设的技术基础课，是工程技术人员在进行机电产品设计时，必须要熟练掌握的基本理论和基本技能。

从工科学生的培养体系来看，“高等数学”、“理论力学”、“机械制图”等课程重点训练了学生严谨的逻辑思维和作为工程师一丝不苟的工作作风。然而，在未来的工作中，所遇到的问题不可能都是可以准确求解的问题。因此，“互换性与技术测量”起着从设计课程过渡到专业课程的桥梁和纽带作用。也就是说，从这门课程开始，要逐步灌输学生工程思维的方法：现实世界中的工程问题一般都没有最优解，而只是在误差可以接受的范围内，用最经济和高效率的方法去寻求近似解，从而解决工程问题。

“互换性与技术测量”课程以国家相关标准为依据，但是决不能将这一课程仅仅理解为宣传贯彻标准。一方面因为每隔几年随着技术进步，标准一定会不同程度地被修订，甚至由新标准全面替代某些旧标准；另一方面由于地区经济发展和生产设备及工艺水平的巨大差异，国家标准在其制定、推荐使用、强制使用和由新的国家标准取代的过程中，其进程在时序上有很大差异。学生在校学习和毕业后工作的几年内很可能遇到标准的更迭，如果不能学习标准制定的本质思想，是很难适应未来的实际工作的。所以，学习过程不能仅仅停留在对国家标准表格查用的水平，而是要理解制定该标准的本质意图和未来可能的发展趋势。要帮助学生正确理解设计和标准的辩证关系，一方面标准源于优秀设计师为了提高设计质量和传达设计意图，所提出的对几何特征的要求和检验准则，例如公差原则分为独立原则和相关原则，而相关原则又发展出包容要求、最大实体要求、最小实体要求，进一步又提出可逆性要求；另一方面标准引导设计，促进互换性生产，提高社会生产率。

在机械产品的设计过程中，一般要进行三方面的计算：运动分析与计算、强度和刚度的分析与计算、几何精度的分析与计算，其中几何精度的分析与计算就是机械系统的精度设计。精度设计的优劣直接决定产品的功能、可靠性和产品整个生命周期的综合效益。

机械产品的精度设计是机械设计与制造中的重要环节，尺寸精度是机械零件基本几何精度的主体，形状和位置精度是基本几何精度的重要组成部分。机器的几何精度的分析与计算是多方面的，但归结起来，设计人员总是要根据给定的整机精度，最终确定出各个组成零件的精度，如尺寸公差、形状和位置公差，以及表面粗糙度等参数值。

通常，精度影响产品性能的各个方面，诸如噪声水平、运转平稳性、加工经济性、外观宜人性等。精度设计的正确性与合理性，对产品的使用性能和制造成本，对企业生产的经济效益和社会效益都有着重要的影响，有时甚至起着决定作用。精度提高必然带来产品成本费用的提高，现实生产中是以满足功能要求且考虑生产过程的经济性来控制精度的。客观上，

精度设计分别在两个领域中进行，即产品设计过程中的精度设计和零件加工、装配工艺设计过程中的精度设计。通常需要协调两方面问题：一个是精度选择相对较低，产品使用时其质量不能达到最好，工厂潜力没能充分挖掘；另一个是对于较低的用户要求而选用了较高的精度等级，造成不必要的损失。

产品的质量、成本、寿命及效益都与精度设计有着密切关系。

学习“互换性与技术测量”的核心是理解互换性生产的概念。在世界工业发展的历程中，互换性生产主要经历了下面几个主要的发展阶段：

- (1) 成对配制；
- (2) 标准量规——标准件检测器具；
- (3) 极限量规——公差概念的应用。

生产对工艺技术的要求，需要有一个统一的计量单位，而统一计量标准单位的产生与发展实际上就体现出计量技术的发展历程。在计量技术与互换性生产相伴发展的过程中，不断提出新的测量方法，发明新的测量工具，提高测量精度。就长度尺寸而言，由于有了千分尺类量具，使加工精度达到了 0.11mm ；有了测微比较仪，使加工精度达到了 $1\mu\text{m}$ 左右；有了圆度仪等精密测量仪器，使加工精度达到了 $0.1\mu\text{m}$ ；有了激光干涉仪，使加工精度达到了 $0.01\mu\text{m}$ 。目前，国际上机床的加工水平已能稳定地达到 $1\mu\text{m}$ 的精度，并正在向着稳定精度为纳米级的加工水平发展，表面粗糙度的测量则向亚纳米级的水平发展。

测量技术是机械工业发展的基础和先决条件之一。从生产发展的历史来看，加工精度的提高总与测量技术发展水平相关联。测量的精度和效率在一定程度上决定着科学技术的水平。

在大多数情况下，产品的输出特性都可以用其构成零部件的几何参数来描述，因而，产品输出特性的变化与零件几何精度方面也可以建立起相应的数学方程。建立产品输出特性的波动量与原始设计参数之间的关系是值得研究的方向，它有利于在更高水平上的再设计。

计算机辅助精度设计技术的研究方向可分为两个方面：一方面是用计算机实现计算机辅助精度设计的研究；另一方面是基于规则推理的精度设计专家系统的研究。在数字化迅猛发展的今天，产品几何技术规范（GPS）正在使互换性与技术测量的理论体系从理想几何形面为基础向数字模型为基础的技术测量方向过渡，这一切也将促使计算机技术在互换性与技术测量领域加速发展。由于课时和篇幅的限制，本书仅仅简单介绍了零件几何特征的计算机辅助检测流程——激光扫描仪和坐标测量机的工作流程。

为了让读者树立标准化是一个不断发展的历史进程的理念，在编写过程中特别介绍了标准的沿革和发展思路，引用了最新的国家标准，将基于数字化技术的GPS的最新国家标准和现行基于理想几何形状的标准内容相互参照，从互换性生产这一根本出发点考虑，向学生介绍标准的建立和宣贯标准的意义，从而使学生达到学以致用目的，提高读者学习的积极性和学习的目的性。

本书编写的另一个特点是工程实例多，而且尽量前后相关，选用同一部件组中的相关零件，根据实际工况选用公差与配合，包括相应测量方法和评定方法。将标准应用于各种零件的工程实例穿插在各章中讲述，并与最后的部件总体精度设计相呼应，便于学生在学习结束后，对所学基本内容有一个完整的概念。

本书附录还列出了“常用词汇中英文对照”，并给出了工程实例等栏目的“索引”，可以方便读者在学习、复习和日常工作中使用。

目前，大多数学校的“互换性与技术测量”课程的理论教学学时都在压缩，一般为36~54

学时，所以对技术测量中常用测量方法、新方法、测量数据的使用等仅进行简单的介绍，建议读者在相关实验中完成这部分教学任务的拓宽学习。

学习的目的在于应用。由于“互换性与技术测量”具有概念多、术语多、定义多、符号多的特点，使得课堂上教学的重点容易放在基本理论的培养上，忽视对应用知识能力的训练。所以，大家在学习中要注意问题多解性，在掌握基本概念之后需要进一步弄清各种图表的使用条件、使用方法并练习查表，为应用公差标准，进行毕业设计和后续课程学习及工作打下基础。

本书共分 9 章，由五邑大学杨铁牛担任主编，并完成第 1 章、第 8 章、第 9 章和附录的内容；五邑大学崔敏负责编写第 3 章、第 4 章的内容，并审阅第 5 章的内容；五邑大学张祁莉负责编写第 5 章的内容；西安工程大学金守峰负责编写第 6 章、第 7 章的内容；广东轻工职业技术学院蔡菊负责编写第 2 章的内容。在编写过程中，侯曙光、谢慧琴和林锦龙等同学做了大量的准备工作，特此表示感谢。本书中引用了大量参考资料，在此向其作者表示衷心的感谢，这些资料也是本书得以完成的重要基础。

由于作者水平有限，虽然殚精竭虑，但书中难免存在缺点和不足，恳请读者批评指正。

杨铁牛

2010 年 2 月 6 日于福泉新村

目 录

第 1 章 互换性与标准化概论.....	(1)
1.1 互换性生产.....	(1)
1.1.1 互换性含义.....	(1)
1.1.2 互换性作用.....	(1)
1.1.3 互换性生产的发展.....	(2)
1.2 标准化及优先数系.....	(2)
1.2.1 标准和标准化.....	(2)
1.2.2 标准的发展趋势.....	(4)
1.2.3 优先数和优先数系.....	(5)
1.3 习题.....	(7)
第 2 章 圆柱体结合尺寸精度的控制与评定.....	(8)
2.1 公差与配合的基本术语和定义.....	(8)
2.1.1 尺寸的术语和定义.....	(8)
2.1.2 有关偏差与公差的术语和定义.....	(11)
2.1.3 有关配合的术语和定义.....	(14)
2.2 公差与配合的国家标准.....	(20)
2.2.1 标准公差.....	(20)
2.2.2 基本偏差系列.....	(22)
2.2.3 公差带与配合.....	(27)
2.3 尺寸精度设计的基本方法.....	(33)
2.3.1 基准制的选择.....	(33)
2.3.2 公差等级的选用.....	(35)
2.3.3 配合的确定.....	(37)
2.3.4 尺寸精度设计举例.....	(41)
2.4 习题.....	(44)
第 3 章 测量技术基础.....	(46)
3.1 测量技术的基本知识.....	(46)
3.1.1 概述.....	(46)
3.1.2 计量基准与量值传递系统.....	(47)
3.1.3 计量器具.....	(50)
3.1.4 测量方法.....	(51)

3.2	测量误差和数据处理	(52)
3.2.1	测量误差及其来源	(52)
3.2.2	测量误差的分类与特性	(54)
3.2.3	测量误差的评定与处理	(56)
3.2.4	等精度测量的数据处理	(60)
3.3	光滑工件尺寸的检测	(63)
3.3.1	通用计量器具的选用	(63)
3.3.2	光滑极限量规	(66)
3.4	习题	(70)
第4章	几何公差及检测	(72)
4.1	概述	(72)
4.1.1	几何要素	(72)
4.1.2	几何公差分类	(74)
4.1.3	几何公差的标注	(75)
4.2	几何公差	(79)
4.2.1	形状公差	(79)
4.2.2	方向公差	(82)
4.2.3	位置公差	(87)
4.2.4	跳动公差	(90)
4.3	公差原则	(92)
4.3.1	独立原则	(93)
4.3.2	相关要求	(93)
4.4	几何公差的选择及未注几何公差的规定	(101)
4.4.1	几何公差项目的选择	(101)
4.4.2	公差原则的选择	(102)
4.4.3	基准的选择	(102)
4.4.4	几何公差值的选择	(103)
4.4.5	未注几何公差的规定	(107)
4.5	几何误差的检测	(111)
4.5.1	几何误差的评定	(111)
4.5.2	基准与基准体系的建立	(113)
4.5.3	几何误差的检测原则	(116)
4.5.4	几何误差的检测方法简介	(118)
4.6	习题	(124)
第5章	表面轮廓特征的控制与评定	(126)
5.1	表面轮廓特征概述	(126)
5.1.1	表面轮廓特征的形成与划分	(126)
5.1.2	表面轮廓特征对机械零件使用性能的影响	(127)

5.2	表面结构的术语及定义.....	(128)
5.2.1	一般术语及定义.....	(128)
5.2.2	几何参数术语及定义.....	(129)
5.2.3	表面轮廓参数术语及定义.....	(130)
5.3	表面粗糙度的选择与标注.....	(132)
5.3.1	表面粗糙度参数及参数值的选择.....	(132)
5.3.2	表面粗糙度的标注.....	(134)
5.4	表面粗糙度的测量.....	(137)
5.5	习题.....	(138)
第 6 章	典型零部件的几何精度设计.....	(139)
6.1	滚动轴承结合的精度设计.....	(139)
6.1.1	概述.....	(139)
6.1.2	滚动轴承的精度等级.....	(140)
6.1.3	滚动轴承及其与孔、轴结合的公差与配合.....	(140)
6.1.4	滚动轴承与孔、轴结合的配合选用.....	(142)
6.2	键与花键连接的精度设计.....	(147)
6.2.1	概述.....	(147)
6.2.2	单键连接的公差与配合.....	(149)
6.2.3	矩形花键连接的公差与配合.....	(152)
6.3	螺纹连接的精度设计.....	(157)
6.3.1	概述.....	(157)
6.3.2	螺纹几何参数误差对互换性的影响.....	(161)
6.3.3	普通螺纹的公差与配合.....	(164)
6.3.4	普通螺纹公差与配合的选用.....	(167)
6.3.5	螺纹中径的合格性判断.....	(169)
6.4	习题.....	(169)
第 7 章	圆柱齿轮传动误差的评定与齿轮的精度设计.....	(170)
7.1	齿轮传动的使用要求.....	(170)
7.2	齿轮的加工误差.....	(171)
7.2.1	齿轮加工误差的来源.....	(171)
7.2.2	齿轮误差的分类.....	(173)
7.3	单个齿轮传动误差及其评定指标.....	(174)
7.3.1	影响传动准确性的误差及其评定指标.....	(174)
7.3.2	影响传动平稳性的误差及其评定指标.....	(176)
7.3.3	影响载荷分布均匀性的误差及其评定指标.....	(177)
7.4	齿轮副误差及其评定指标.....	(178)
7.5	渐开线圆柱齿轮的精度设计.....	(180)
7.5.1	齿轮精度等级.....	(180)
7.5.2	齿轮副侧隙.....	(183)

7.5.3	齿轮精度的标注与设计	(186)
7.6	习题	(190)
第 8 章	机械系统的精度设计	(191)
8.1	概述	(191)
8.1.1	精度设计在机械设计中的地位及其发展	(191)
8.1.2	机械精度设计的分类、决定因素及主要内容	(192)
8.2	尺寸链的基本概念	(192)
8.2.1	尺寸链的有关术语	(192)
8.2.2	尺寸链的分类	(193)
8.3	尺寸链的建立	(194)
8.3.1	步骤 1: 确认封闭环	(195)
8.3.2	步骤 2: 查明组成环	(197)
8.3.3	步骤 3: 绘制尺寸链图	(197)
8.4	尺寸链计算	(198)
8.4.1	尺寸链的计算类型	(198)
8.4.2	极值法求解尺寸链	(199)
8.4.3	概率法计算	(202)
8.4.4	其他计算方法	(205)
8.5	习题	(206)
第 9 章	机械精度设计与实例分析	(207)
9.1	工程实例介绍	(207)
9.1.1	工况分析	(207)
9.1.2	功能要求的精度指标	(208)
9.2	精度设计	(209)
9.2.1	主要部件整体精度指标	(209)
9.2.2	典型功能对的精度设计	(209)
9.2.3	封闭环及其精度设计举例	(212)
9.3	零件几何特征的计算机辅助检测	(212)
9.4	机械精度设计小结	(213)
附录 A	常用词汇中英文对照	(214)
附录 B	双级齿轮传动减速器相关工程示意图	(218)
索引		(225)
参考文献		(226)

第1章 互换性与标准化概论

“互换性与标准化”是与互换性生产发展紧密联系的先进思想方法，它不仅将制造业的基础标准与计量技术结合在一起，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领域。目前国际上相关学科的流行名称是“几何产品技术规范与认证”，并被国际标准组织 ISO/TC 213 简称为 GPS (Geometrical Product Specifications and Verification)。

1.1 互换性生产

1.1.1 互换性含义

所谓互换性，即是指在同一规格的一批零部件中，任取其一，不经任何挑选和修配就能装在机器上，并能满足其使用性能要求的特性。日常生活和生产活动中涉及互换性的例子比比皆是，例如：灯泡，机器上的螺钉，自行车、缝纫机、钟表上的零部件等都具有互换性。

零件几何参数的互换性按其互换程度分为完全互换和不完全互换。零部件完全符合上述互换性定义，在装配时不需挑选和修配即称为完全互换，否则在装配时允许挑选、调整和修配，则称为不完全互换。根据不同需要，零部件需厂际协作时应采用完全互换，部件或零件在同一厂制造和装配时，可采用不完全互换。

机械制造业中的互换性通常指产品具有几何参数和力学性能两方面的互换性，本课程仅讨论几何参数的互换性。

1.1.2 互换性作用

在机械产品的设计、制造、使用和维修各个环节，互换性都发挥着非常重要的作用，具体体现在三个方面，如表 1.1 所示。

表 1.1 互换性作用

互换性应用场合	互换性应用的具体措施	互换性应用的效果
设计方面	采用标准件、通用件和标准部件	大大简化了绘图和计算工作，缩短了设计周期，并有利于计算机辅助设计和产品的多样化
制造方面	采用先进工艺，专用刀、卡、量具和高效率的专用设备	有利于组织专业化生产，有利于计算机辅助制造，以及实现加工过程和装配过程机械化、自动化
使用维修方面	易耗品采用标准化、通用化零件，规范化维修操作	减少了机器的使用和维修时间及费用，提高了机器的使用价值

1.1.3 互换性生产的发展

制造业是国民经济的基础，是完成设计产品的物化过程。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、交通运输、家用电器、机器人、半导体和生物工程等产品。互换性与测量技术是与机械、电子、仪器等制造业发展紧密联系的基础学科，源于生产实际，随着互换性生产而不断完善，又反馈指导产品的设计和生产过程。

加工零件的过程中，由于各种因素（机床、刀具、温度等）的影响，零件的尺寸、形状和表面粗糙度等几何量难以达到理想状态，总是有或大或小的误差。而从零件的使用功能角度看，也不必要求零件几何量做得绝对准确，只需达到零件几何量在某一规定的范围内变动的要求，即保证同一规格零部件彼此接近。这个允许几何量变动的范围称为几何量公差，这也是本课程所讲公差的范畴。

互换性这门应用技术与基础科学的产生和发展一开始就是由生产决定的，并与社会的需求及科学技术的进步密切相关。早期生产力落后，人们对相互结合的孔、轴采用配对的制作方式，生产效率低下，且有关零件完全没有互换性。随着社会对产品生产批量的追求，对同一批产品相同部位的孔、轴结合，人们希望得到一致的，而且是最好的结合效果。为此，人们开始把具有满意结合效果的孔和轴分别作为样板，按样板的尺寸来制造具有同样结合要求的其他孔和轴。这里的样板孔和轴即是标准量规。有了标准量规以后，相互结合且有相同结合要求的零件可分开单独制造，这样不仅生产效率显著提高，结合效果一致性好，而且更主要的是这样制造的零件具有互换性。后来，标准量规进一步演变发展为极限量规，分别用于控制被加工零件的最大、最小两个极限尺寸，从而引出了公差的概念。公差和极限量规的出现，使被加工零件不再像标准量规那样按一个确定的尺寸加工，而是按两个极限尺寸构成的公差范围加工，有利于提高生产率，从而促使互换性生产更加蓬勃地发展。

当今，无论从广度还是从深度来讲，互换性生产的发展都已进入了一个新的阶段。不仅由装配互换性发展到功能互换性，由几何参数的互换性发展到其他质量参数的互换性，由成批、大量生产的互换性发展到单件、小批量生产的互换性，而且超出了机械工业的范畴，扩大到了其他行业。可以说，作为一门基础技术科学，互换性原则为当今信息社会的发展已经并将继续发挥巨大的作用。

1.2 标准化及优先数系

现代化生产的特点是品种多、规模大、分工细、协作多和互换性要求高。为使社会生产有序地进行，必须通过标准化使分散的、局部的生产环节相互协调和统一。实行标准化是互换性生产的基础。

1.2.1 标准和标准化

1) 标准

标准是对重复性事物和概念所作的统一规定。它以科学、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。标准的范围极广，种类繁多，涉及人类生活的各个方面。标准对于改进产品质量，缩短产品生产周期，开发新产品和协作配套，提高社会效益，发展社会主义市场经济和对外贸易等有很重要的意义。

标准可以按照级别、性质和特征进行分类，如表 1.2 所示。

表 1.2 标准的分类

分类角度	类别名	基本内涵	标准举例
按标准的性质	技术标准	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规而制定的标准	GB 321—1980 GB 1182—2008
	工作标准	对产品设计和验收等工作方法进行统一约定	GB/T 18779.3—2009 GB 18779.2—2004
	管理标准	在产品制造和服务中，建立质量管理及质量保证的原则、方法和程序等体系所涉及的标准	ISO 9000:2000
按标准化对象的特征	基础标准	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。基础标准也是一般工程技术人员必须采用的通用性标准	GB/T 19765—2005 GB/T 321—2005
	产品标准	针对特定行业规定产品生产及其经营活动的具体标准	GB 5781—1986 GB/T 2672—1986
	方法标准	针对公差指标进行的误差测量与评定方法，或者针对测量数据处理方法的约定	GB/T 4380—2004 GB/T 5847—2004
	安全、卫生与环境保护标准	从人员、设备和环境等方面考虑，对产品的设计、制造及使用过程规定必须遵守的技术指标	GB 4287—1992 GB 18352.1 GB 18352.2
按标准的使用范围	国际标准	国际标准化组织所通过并发布的标准	ISO 10360:2001
	区域标准	欧洲温室气体排放标准	phaseII, 94/12/EC、96/69/EC
	国家标准	在全国范围内有统一的技术要求时，由国家标准化委员会颁布的标准	GB 1182—2008
	地方标准	在省、自治区、直辖市范围内有统一的技术、安全、卫生等要求时，由地方政府授权机构，在某个地区标准化组织所通过并发布的标准	DB 31/355—2006 DB 31/427—2009 DB 44-T 368—2006 SZDB/Z 6.3—2007
	行业标准	在全国某行业范围内有统一的技术要求时，由该行业的国家授权机构颁布的标准	JB/T 8061—1996 JB/T 4710—2005
	企业标准	对企业生产的产品，在没有国家标准和行业标准及地方标准的情况下，由企业自行制定的标准，并以此标准作为组织生产的依据。有些情况下，企业也可以制定严于国家标准或行业标准的企业标准，在企业内部使用	Q/BB 645.005—2005 Q/HS 2028—2007
	试行标准	由某个标准化机构临时采用并公开发布的标准	工业“三废”排放试行标准 GBJ 4—1973

基础标准是以标准化共性要求和前提条件为对象的标准，是为了保证产品的结构功能和制造质量而制定的，是制定其他标准时的依据，本书所涉及的标准就是基础标准。

2) 标准化

标准化是指标准的制定、发布和贯彻实施的全部活动过程，包括从调查标准化对象开始，经试验、分析和综合归纳，进而制定和贯彻标准，以后还要修订标准等过程。标准化是以标

必须对其零部件的几何量公差值进行标准化,不能各行其是。

标准化是组织现代化生产的重要手段,是实现互换性生产的必要前提,是科学管理的重要组成部分,是国家现代化水平的重要标志之一。在国际上,为了促进世界各国在技术上的统一,成立了国际标准化组织(简称 ISO),负责制定和颁发国际标准。标准化对于加强交流,防止贸易壁垒,促进技术合作具有特别重要的意义。

1.2.2 标准的发展趋势

标准是标准化的体现形式,标准的发展是由标准化发展过程各阶段所推进的。

1) 国际标准化的发展

早在 19 世纪,标准化在国防、造船、铁路运输等行业中的应用就十分广泛。到了 20 世纪初,一些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)。1947 年重建国际标准化协会并改名为国际标准化组织(简称 ISO)。1996 年 ISO 将 ISO/TC3(极限与配合、尺寸公差及相关检测)、ISO/TC10/SC5 和 TC57 合并重建了 ISO/TC 213(产品尺寸和几何规范及认证技术委员会),全面修订 ISO 公差标准体系,建立了适应 CAD/CAM 发展要求的标准体系,其主要框架构想如图 1.1 所示^[2]。

综合的GPS标准 Global GPS standards						
通用的GPS矩阵 General GPS matrix						
Chain link number项目序号	1	2	3	4	5	6
Geometrical characteristic of feature 要素的几何特征	产品文件表示 ——代码	公差定义—— 特性或参数	实际要素定义 ——特性或参 数	工件偏差的评 定——与公差 极限比较	测量器具要求	校准要求—— 测量标准器
尺寸						
距离						
半径						
角度(以度为单位)						
与基准无关的线的形状						
与基准有关的线的形状						
与基准无关的面的形状						
与基准有关的面的形状						
方向						
位置						
圆跳动						
全跳动						
基准						
粗糙度轮廓						
波纹度轮廓						
原始轮廓						
表面缺陷						
棱边						
补充的GPS矩阵 Complementary GPS matrix						

图 1.1 GPS 标准体系

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、使用以及维修等全过程,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。新一代 GPS 以计量数学为基础,是信息时代几何产品技术规范和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。

2) 我国标准化的发展

我国标准化是在 1949 年新中国成立后得到重视并发展的。其主要阶段如表 1.3 所示。

表 1.3 我国标准化发展主要阶段

年 份	大 事 记	标 准 举 例
1955	机械部颁布了第一个公差与配合标准	完全借用苏联标准 OCT 制
1958	发布第一批 120 项国家标准	
1959—	发布了公差与配合、形状和位置公差、公差原则、表面粗糙度、光滑极限量规、渐开线圆柱齿轮精度、极限与配合等许多公差标准	GB 159~174—59
1978—	恢复为 ISO 成员国	承担 ISO 技术委员会秘书处工作和国际标准草案的起草工作
1979—	发布了以国际标准为基础的新的公差标准	GB 1800~1804—79 GB 1182~1184—80 GB/T 1182—1996 GB/T 1800.1—1997
1988	全国人大常委会通过并由国家主席发布	《中华人民共和国标准化法》
1993	全国人大常委会通过并由国家主席发布	《中华人民共和国产品质量法》
2009	公布了一系列新修订的国家标准	GB/T 1800.1—2009 GB/T 1031—2009

我国标准化水平在社会主义现代化建设过程中不断得到发展与提高，并对我国经济的发展作出了很大的贡献。正确理解公称表面模型、规范表面模型和认证表面模型等新概念，将适应数字化技术要求的 GPS 最新国家标准和现行基于理想几何形状的标准内容，相互参照，从互换性生产这一根本出发点考虑，才能跟上标准的发展步伐。

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 完全过渡到第二代 GPS 不仅需要一段时间，而且第二代 GPS 的产生离不开第一代 GPS 的基础。因此，本教材采取兼顾的策略，既介绍第一代 GPS，也论述第二代 GPS 的发展。此外，本教材编写特别注意总结、归纳、提炼有关本学科的基本原理、原则与方法，希望能对读者有所帮助。

1.2.3 优先数和优先数系

在机械设计中，常常需要确定很多参数，而这些参数往往不是孤立的，一旦选定，这些参数值就会按照一定规律，向一切有关的参数传播。例如，螺栓的尺寸一旦确定，将会影响螺母的尺寸、丝锥板牙的尺寸、螺栓孔的尺寸以及加工螺栓孔的钻头的尺寸等。在互换性生产中，为了采用较少的参数系列，覆盖尽量多的实际应用，产品的参数选择必须遵守一定的规律。我国在标准化过程中规定了一项重要的相关标准来约束参数的选择，这就是《优先数和优先数系》国家标准（GB/T 321—1980）。

1. 优先数系及其公比

优先数系是工程设计和工业生产中常用的一种数值制度。优先数与优先数系是 19 世纪末，由法国人查尔斯·雷诺（Charles Renard）首先提出的。后人为了纪念雷诺，将优先数系称为 Rr 数系。国家标准 GB/T 321—1980《优先数和优先数系》规定十进等比数列为优先数系，并规定了五个系列，按照优先顺序分别用系列符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示，称为 Rr 系列。其中前四个系列是常用的基本系列，R80 则作为补充系列，仅用于分级很细的特殊场合。各系列的公比见表 1.4。