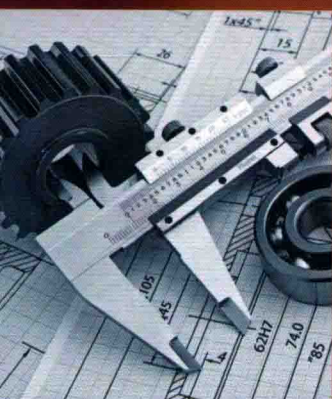


“十三五”国家重点出版物出版规划项目

现代机械工程系列精品教材

辽宁省“十二五”普通高等教育本科规划教材



Geometric Quantity Accuracy Design and Detection

几何量精度设计与检测

第 2 版

金嘉琦 张幼军 © 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十三五”
现代机械工程系列精品教材
辽宁省“十二五”普通高等教育本科规划教材

几何量精度设计与检测

第 2 版

主 编	金嘉琦	张幼军		
副主编	段振云	赵文辉		
参 编	金映丽	张 悦	李 强	孙兴伟
	韩 立	张 凯	杨赫然	姜 彤
主 审	于天彪	赵福令		



机械工业出版社

“几何量精度设计与检测”课程也称为“互换性与测量技术基础”课程,课程内容源于国家标准,与生产实际密切相连。

本书根据科学技术发展的需要和高等教育教学内容及课程体系改革的要求,结合编者多年教学、科研实践经验编写而成。本书以几何量精度设计与检测为主线,遵循“加强基础、精选内容、调整体系、重在应用”的编写原则,采用现行的国家标准,阐述基本理论和基本知识及相关应用,将互换性思想贯穿始终。全书分为四个部分:第一部分为几何量精度设计基础,包括绪论、尺寸精度、几何精度、表面粗糙度和尺寸链;第二部分为典型件几何量精度设计,包括滚动轴承、圆柱螺纹、键和花键、渐开线圆柱齿轮;第三部分为几何量精度检测,包括几何量测量基础、孔及轴尺寸的检测和检测综述;第四部分为几何量精度综合设计与综合实验。本书附录中有各章思考题和习题、相关公差表格以及各种术语定义的汉英对照。

本书可作为高等院校“几何量精度设计与检测”“互换性与技术测量”“几何量公差与检测”“机械精度设计”等课程的教材,也可供从事机械设计、机械制造、标准化和计量测试等相关工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

几何量精度设计与检测/金嘉琦,张幼军主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2018.7

辽宁省“十二五”普通高等教育本科规划教材 “十三五”国家重点出版物出版规划项目 现代机械工程系列精品教材

ISBN 978-7-111-59314-0

I. ①几… II. ①金… ②张… III. ①几何量-精度-设计-高等学校-教材②几何量-精度-检测-高等学校-教材 IV. ①TG806

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第040688号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:刘小慧 责任编辑:刘小慧 章承林 余 皞

责任校对:刘 岚 封面设计:张 静

责任印制:孙 炜

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2018年6月第2版第1次印刷

184mm×260mm·19.5印张·514千字

标准书号:ISBN 978-7-111-59314-0

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com



金嘉琦，教授，博士生导师。1983年毕业于沈阳机电学院机械制造工艺及设备专业，获工学学士学位。1993年、2004年先后获得东北大学机械制造及其自动化专业工学硕士、工学博士学位。现为沈阳工业大学机械工程学院教师。长期从事机械工程领域的教学与科研工作，获得辽宁省教学名师称号。长期从事精密加工与精密测量的理论与技术研究，发表科技论文80余篇，主编《几何量精度设计与检测》教材（机械工业出版社，获辽宁省“十二五”普通高等教育本科规划教材）、撰写《齿轮加工精度》（获机械工业出版社高水平著作出版基金资助）、《大型齿轮在机测量原理与技术》（机械工业出版社）及参编著作与教材6部，获得省部级科技进步奖8项。现任中国机械工业教育协会应用型本科机械工程教学委员会副主任委员，曾任全国高校互换性与测量技术基础研究会副秘书长，东北分会秘书长等职。

第2版前言

“几何量精度设计与检测”课程也称为“互换性与测量技术基础”课程，是高等院校机械类和近机类专业的一门重要技术基础课，课程内容源于国家标准，与生产实际密切相连。

本书第1版自2012年6月出版以来，得到了广大教师与学生的认同，先后被20余所高校选用，并被评为辽宁省“十二五”普通高等教育本科规划教材。

五年来，随着科学技术的迅速发展，本课程的理论教学和人才培养等都面临新的挑战，读者在教、学过程中也对本书提出了一些期望和建议，教材的适时更新势在必行。因此，编者对本书进行了修订。修订版保持了第1版的特点，全部采用现行的国家标准，并在以下几个方面做了改进：

1) 对书中大部分章节的内容进行调整、充实、更改甚至重写，力求“概念准确、表述清晰、注重基础、面向应用”。

2) 第1章~第11章，每章开篇增加“本章提示”，每章结尾增加“本章小结”，阐明每章的学习目的和知识要点。

3) 第2章~第9章，每章加入贴近工程实际的“导入案例”，以激发学生的学习兴趣、调动他们的学习积极性。

4) 部分章节适度增加解析性例题和典型性习题，强化重点内容的理解和掌握，侧重应用能力的培养和提高。

5) 本书个别章节尝试采用二维码，通过扫二维码可以获取拓展知识和重点解析，便于开拓思路、延伸阅读。

6) 对教材配套的多媒体教学课件进行补充和完善，力求做到方便教与学。

参加本书修订工作的有金嘉琦、张幼军、段振云、赵文辉、金映丽、张悦、李强、孙兴伟、韩立、张凯、杨赫然、姜彤。其中，金嘉琦、张幼军、赵文辉、杨赫然负责全书的校对，张幼军负责全书的统稿。

本书由东北大学于天彪教授和大连理工大学赵福令教授主审。

本书在修订过程中不妥之处在所难免，恳请专家、同行和读者批评指正。

编者电子邮箱：zhangyj@sut.edu.cn。

编 者

第 1 版前言

机械产品的设计过程包括总体设计、运动设计、结构设计和几何量精度设计。几何量精度设计是整个设计中不可缺少的重要组成部分,是决定产品技术性能和市场竞争能力的综合技术。“几何量精度设计与检测”课程是高等工科院校中机械类和近机类专业的一门必修的专业技术基础课,从课程体系上讲,是联系机械设计类和机械制造类课程的纽带,是从基础课过渡到专业课的桥梁,在本科专业培养方案中具有重要地位。

高等院校开设“几何量精度设计与检测”类课程已有几十年的历史,本课程曾用名有:“公差与配合”“互换性与技术测量”“几何量公差与检测”“机械精度设计”等。课程名称的变更反映不同时期人们对课程内涵的认识、课程内容的侧重点与特色的差异。互换性在产品设计、制造、使用和维修过程中发挥着巨大作用,已成为现代制造业中一个普遍运用的原则。互换性要靠公差来保证,公差则需要统一的标准,标准化是互换性生产的基础。互换性和精度设计都是在满足零件的功能要求的前提下对互换性标准的选择与应用,以解决零件的使用要求与制造工艺之间的矛盾。但几何量的互换性给定公差强调的是统一;几何量的精度设计给定公差强调的则是合理,无论零件是否要求互换,必须规定一定的公差,以追求最佳的技术经济效益。因此从精度设计的角度理解互换性与标准化,在产品更新换代速度与日俱增的当今时代更具现实意义。

“几何量精度设计与检测”课程关注最新国家标准(GB)和现代精度设计方法,遵守和贯彻国家标准是本课程教学的基本任务。近 10 年来,我国制定和发布的各项相关标准逐步与国际接轨,特别是 2009 年发布了 30 多个产品几何技术规范与论证(GPS)标准,涉及本课程中一半以上的内容,尤其对孔、轴的极限与配合和几何公差影响很大。国内现有版本的教材更新速度已严重滞后于发展。因此为适应科学技术的进步和教学改革的需要,帮助学生更好地掌握精度设计的基础知识和基本技能,编写本书供各高等院校“几何量精度设计与检测”“互换性与技术测量”“几何量公差与检测”“机械精度设计”等课程使用。本书也可供工程技术人员在进行机械设计、机械制造、标准化和计量测试等工作时参考。

本书主编金嘉琦教授为全国高校互换性与测量技术研究会常务理事兼副秘书长、东北分会秘书长,在 30 余年的教学及科研实践中积累了丰富的教学经验,并将其融入本书内容中。本书以几何量精度设计与检测为主线,遵循“加强基础、精选内容、调整体系、重在应用”的编写原则,依据全国高校本课程的教学基本要求,采用我国最新的国家标准,阐述了本学科的基本理论和基本知识。全书分为四个部分:第一部分为几何量精度设计基础,包括绪论、尺寸精度、几何精度、表面粗糙度和

尺寸链,构成了较为完整的几何量精度基础体系;第二部分为典型件几何量精度设计,包括滚动轴承、圆柱螺纹、键和花键、渐开线圆柱齿轮,不仅是第一部分内容的贯彻应用,而且揭示了典型件的特殊性;第三部分为几何量精度检测,包括几何量测量基础、孔及轴尺寸的检测和检测综述,讲述了几何量精度检测的基本知识和基本方法,其中,检测综述既介绍了对零部件的检测方法,又介绍了常用的几何量测量仪器原理与测量方法,可作为实验指导书使用;第四部分为几何量精度综合设计与综合实验,构成本书的一个特点。本书在附录中给出了常用术语的汉英对照,有助于师生阅读相关英文文献,附录中还包括各章的思考题和习题及各种相关的标准表格。

本书配有电子课件,使用本书的老师请到机械工业出版社教育服务网(www.cmpedu.com)注册、下载。

本书共分13章,其中第1章、第9章、第10章和第13章由金嘉琦、张悦编写,第2章、第5章、第11章由段振云、金映丽编写,第3章、第4章和部分附录由张幼军、孙兴伟编写,第6章、第7章由赵文辉编写,第8章由张凯编写,第12章由韩立、姜彤编写。全书由张幼军统稿。

本书由赵福令教授和付景顺教授主审。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2011年11月

目录

第2版前言

第1版前言

第1章 绪论 1

- 1.1 几何量精度 1
- 1.2 互换性 2
- 1.3 标准与标准化 3
- 1.4 优先数系与优先数 5
- 1.5 几何量检测概述 7
- 1.6 本课程的任务 7
- 本章小结 8

第2章 孔、轴配合的尺寸精度设计 9

- 2.1 基本术语和定义 10
- 2.2 标准公差系列——尺寸公差带大小的标准化 17
- 2.3 基本偏差系列——尺寸公差带位置的标准化 20
- 2.4 尺寸精度设计——公差与配合的选择 28
- 本章小结 39

第3章 几何精度设计 41

- 3.1 零件几何要素和几何公差的特征项目 42
- 3.2 几何公差在图样上的标注方法 46
- 3.3 几何公差带 51
- 3.4 公差原则 67
- 3.5 几何误差 82
- 3.6 几何精度的设计 86
- 本章小结 93

第4章 表面粗糙度 95

- 4.1 表面粗糙度的基本概念 96
- 4.2 表面粗糙度的评定 97
- 4.3 表面粗糙度的技术要求 101
- 4.4 表面粗糙度技术要求在零件图上的标注 104
- 本章小结 111

第5章 尺寸链 112

- 5.1 尺寸链的基本概念 113

5.2 尺寸链的计算 115

本章小结 124

第6章 滚动轴承结合的精度设计 125

6.1 滚动轴承的互换性与使用要求 126

6.2 滚动轴承与孔、轴配合的精度设计 128

本章小结 134

第7章 螺纹联接的精度设计 136

7.1 概述 137

7.2 普通螺纹几何精度分析 139

7.3 普通螺纹联接的精度设计 142

7.4 梯形螺纹简介 147

本章小结 147

第8章 平键、矩形花键联接的精度设计 149

8.1 普通平键联接的精度设计 150

8.2 矩形花键联接的精度设计 152

本章小结 156

第9章 渐开线圆柱齿轮传动的精度设计 157

9.1 齿轮传动的使用要求 158

9.2 传递运动准确性的精度分析及评定指标 160

9.3 传动平稳性的精度分析及评定指标 166

9.4 载荷分布均匀性的精度分析及评定指标 169

9.5 齿侧间隙的精度分析及评定指标 170

9.6 齿轮副安装时的精度指标 172

9.7 渐开线圆柱齿轮精度设计 173

本章小结 185

第10章 测量技术基础 187

10.1 概述 187

10.2 长度和角度计量单位与量值传递 189

10.3 计量器具与测量方法 194

10.4 测量误差 197

10.5 测量误差与测量数据的处理 201

本章小结 211

第11章 孔、轴尺寸的检测 212

11.1 孔、轴尺寸的检测方式 212

11.2 孔、轴尺寸的验收极限 213

- 11.3 计量器具的选择 216
- 11.4 光滑极限量规设计 218
- 本章小结 224

第 12 章 检测综述 225

- 12.1 长度尺寸检测 225
- 12.2 几何误差检测 230
- 12.3 表面粗糙度检测 237
- 12.4 螺纹误差检测 238
- 12.5 键误差检测 242
- 12.6 圆柱齿轮误差检测 245

第 13 章 几何量精度综合设计与综合实验 253

- 13.1 实验目的 253
- 13.2 实验内容 253
- 13.3 实验要求 254
- 13.4 综合设计与综合实验报告书写内容 255
- 13.5 举例 256

附录 261

- 附录 A 思考题与习题 261
- 附录 B 公差表格 274
- 附录 C 常用术语汉英对照 295

参考文献 301

本章提要

- ◎ 本章要求了解几何量精度设计的研究对象；掌握互换性、标准化、优先数系的基本概念；了解互换性、标准化在现代化生产中的意义；掌握优先数系的基本知识；了解几何量检测的意义；理解互换性与公差、标准化、优先数系以及检测的关系；明确本课程的任务。
- ◎ 本章重点为有关互换性的概念和意义，难点为互换性与标准化的关系、优先数与优先数系的正确选用。

◎ 1.1 几何量精度

机械产品的几何量是指构成零件特征的点、线、面所组成的尺寸、形状与相互位置关系。几何量精度则是指上述要素构成的零件的实际几何形体与设计要求的理想几何形体相接近的程度，包括尺寸精度、形状精度（宏观的和微观的）以及相互位置精度。

零件的几何形体是通过加工后得到的。在加工过程中，由于存在着加工误差，零件的实际几何形体很难与理想几何形体相同，当然，其接近程度越好，几何量的精度就越高。几何量精度设计的任务就是把这种接近程度控制在一定的范围内。

机械产品的设计一般要经历总体设计、运动设计、结构设计和精度设计等过程。精度设计是使产品满足功能要求（即满足使用要求、保证质量）的必要环节，也是产品设计的一个重要环节。

精度设计包括产品的整体精度设计和零件的精度设计。因为整体是由零（部）件组成的，所以零件的精度设计是保证整体精度设计的基础。影响零件精度的因素很多，如结构因素、材料因素、加工因素等，但最基本的是几何因素的影响，即几何量精度直接影响产品的工作性能和质量。

几何量精度设计不仅要满足产品的使用要求，保证产品的质量，而且还要考虑制造产品的成本。并不是产品的几何量精度越高越好，因为

精度越高,对产品在加工、制造及检测过程中的要求越高,加工与检测的难度就越大,成本就越高。因此,几何量精度设计的总体原则是,在满足产品使用要求的前提下,选用较低的几何量精度,以保证获得最佳的技术经济效益。

机械产品的几何量精度设计遵守的最重要的原则是互换性原则,为了保证互换性原则的实现,还要遵守标准化原则和优化原则。

● 1.2 互换性

1.2.1 互换性的含义

自行车、钟表、缝纫机、汽车、拖拉机、机床等的某个零(部)件损坏,都可以迅速更换上一个相同规格的新零(部)件,并且在更换与装配后,能很好地满足机器的使用要求。之所以这样方便,是因为零(部)件具有互换性。

互换性的含义是指在同一规格的一批零(部)件中,任取其一,不需任何挑选、调整或修配就能进行装配,并能保证满足机械产品使用要求的性能。

要使零(部)件具有互换性,首先要保证零件在制造中按同一规格加工。但是,制造过程中的误差是不可避免的,不可能将零件制造得绝对准确。从满足零件的互换性要求和机器的使用性能出发,也不必要将零件制造得绝对准确,只要将零件的几何参数误差控制在一定的范围之内就可以了。这种零件几何参数的允许变动范围称为几何量公差。

1.2.2 互换性的分类

零部件的互换性既包括几何参数的互换,又包括其功能(物理、力学性能参数)的互换。

几何参数互换:是指规定零件的尺寸以及形状和位置等几何参数,保证零件的几何参数在允许的变动范围(公差)内实现互换,以达到互换性。

功能(物理、力学性能参数)互换:是指规定的功能参数应满足互换性,要求零件在更换前后,其强度、硬度和刚度等物理、力学性能应保持一致。

例如,螺栓与螺母联接的更换,保证其可旋合性属于几何参数互换,保证其联接强度属于物理、力学性能参数互换(功能互换)。

本课程研究的就是在满足产品使用要求的基础上实现零(部)件的几何参数互换。

按互换性程度,可将互换性分为完全互换和不完全互换。

完全互换:也称为绝对互换,是指按同一规格标准制造(不分加工场地及加工批量大小)的零(部)件,在装配或更换时,不需任何的选择、调整或附加修配,就能装到机器上去,并且能满足机器的设计使用

要求, 这样的零(部)件具有完全互换性。如常用的螺栓、螺母、齿轮、键、轴承等。

不完全互换: 也称为有限互换, 是指按同一规格标准制造的零(部)件, 在装配时, 需要适当地选择、调整或分组, 装配以后分别满足机器的使用要求, 这样的零(部)件具有不完全互换性。通常, 在装配精度要求较高时, 若采用完全互换, 将使零件的制造公差很小, 加工困难, 成本很高, 甚至无法加工; 而采用不完全互换, 可将零件的制造公差适当地放大, 便于加工。零件加工完毕后, 再通过测量将零件按实际尺寸的大小分成若干组, 使同组零件的尺寸差别减小, 分组进行装配。如尺寸较大组的孔与尺寸较大组的轴相配, 尺寸较小组的孔与尺寸较小组的轴相配。这样, 既可保证装配精度和使用要求, 又可解决加工困难, 降低成本。此时, 仅组内零件可以互换, 组与组之间的零件不能互换, 故称为不完全互换。如轴承内、外圈与滚动体的装配采用的就是不完全互换。

通常把完全互换简称为互换性, 完全互换是以零(部)件在装配或更换时不需要挑选或修配为条件, 以区别于不完全互换。一般而言, 对于厂际协作应采用完全互换, 而不完全互换仅限于厂内的生产装配。

总之, 无论是采用完全互换, 还是采用不完全互换, 都要根据具体情况, 在设计时事先加以确定。

1.2.3 互换性的作用

互换性在现代工业生产中起着十分重要的作用。

在产品的设计过程中, 遵循互换性原则可以最大限度地采用标准化和通用化的零部件, 有助于采用 CAD 技术, 大大减少计算和绘图工作量, 缩短设计周期。

在产品的制造过程中, 按照互换性要求设计的零件, 可分散在不同的专业工厂、专业车间进行高效、自动化生产, 有助于 CAM/CAPP 技术的应用等。

在产品的装配过程中, 对相同规格的零(部)件无须挑选和辅助修配, 既能大幅度地提高装配效率, 又能实现装配过程的机械化和自动化。

在产品的使用与维修过程中, 由于有了互换性, 使更换零(部)件、维修机器更快捷、有效。例如发电厂的发电设备、手术台上的医疗设备、战场上的武器装备等发生故障, 都需要立即维修, 继续使用。在这些场合, 实现互换性显得极为重要。

总之, 互换性已成为现代化工业生产中广泛遵守的一项原则。它在保证产品质量, 降低产品成本, 提高生产率, 增加经济效益等方面具有十分重要的意义。

◎ 1.3 标准与标准化

现代工业生产的特点是品种多, 规模大, 分工细, 协作单位多, 互

换性要求高。为了适应这一特点，实现互换性生产，需要有一种手段使分散的、局部的生产部门和生产环节保持协调及必要的技术统一，成为一个有机的整体。标准与标准化正是解决这种关系的主要手段和途径，是实现互换性生产的基础和实现专业化生产的前提。

1.3.1 标准

标准是指对重复性事物〔如产品、零（部）件等〕和概念（术语、定义、方法、代号、量值等）所做的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，以促进最佳社会效益为目的，经有关部门协调一致，由主管部门批准，以特定的形式发布，作为共同遵守的准则与依据。可见，标准是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、导则或特性的文件。

标准是由一个公认的机构制定和批准的文件。按标准的管辖范围分为国际标准（代号为 ISO）和国家标准。我国国家标准的代号及含义见表 1-1。按照标准的适用范围，我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个级别，且后三级标准必须遵从国家标准。根据《中华人民共和国标准化法》的规定，作为强制性的各级标准一经发布，必须遵守，否则就是违法。

表 1-1 我国国家标准的代号 及含义	代 号	含 义
	GB	中华人民共和国强制性国家标准
	GB/T	中华人民共和国推荐性国家标准
	GB/Z	中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

国家标准分类按照标准化对象，通常分为技术标准、管理标准和工作标准三大类。技术标准是指对需要协调统一的技术事项所制定的标准，包括基础标准、零部件标准、产品标准、原材料及毛坯标准、工艺及工艺装备标准、检测试验方法标准、安全、卫生、环境保护标准等，是衡量产品、工程和服务的质量好坏的主要依据。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础，被普遍使用，且具有广泛指导意义的标准。如计量单位、优先数系、机械制图、公差与配合、几何公差、表面粗糙度等标准。

对机械零件进行几何量精度设计，保证互换性，就要认真研究相关标准的构成及其应用，这是本课程研究的主要内容之一。

1.3.2 标准化

标准化是指在经济、技术、科学和管理等社会实践中，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的活动。

标准化包括标准的制定、发布、贯彻实施以及修订的全部活动过程。可见，标准是标准化的基础，贯彻实施标准是标准化的核心内容。

标准化是社会生产劳动的产物，在近代工业的兴起和发展过程中，

标准化的作用日益重要、应用日趋广泛。1946年10月14日,来自25个国家的代表集于伦敦,决定创建国际标准化组织(ISO)(ISO于1947年正式开始运作),1969年9月ISO理事会决定把每年的10月14日定为世界标准日。世界标准日的目的是提高对国际标准化在世界经济活动中重要性的认识,以促进国际标准化工作适应世界范围内的商业、工业、政府和消费者的需要。

我国于1957年成立国家科学技术委员会标准局,负责全国标准化工作;1988年颁布《中华人民共和国标准化法》,确立了标准化在国家经济发展中的地位;从1958年发布第一批120个国家标准起,至今已制订两万多个新的国家标准,并逐渐向国际标准靠拢。1978年9月我国恢复为ISO成员国;2008年10月的第31届国际化标准组织大会上,我国正式成为ISO常任理事国,确立了在国际标准组织中的地位。我国从2002年起,颁布了一套关于产品几何参数的完整技术标准体系——产品几何技术规范(简称GPS)(见二维码),这是提升中外标准一致性水平、实施国内外标准互认工程的重要措施。



总之,标准化是现代化生产的必要条件和科学管理的基础,是调整产品结构和产业结构的需要和促进科学技术转化成生产力的平台,是推动贸易发展的桥梁和纽带,标准化有利于稳定和提高产品、工程和服务的质量,保护社会和人身安全。世界各国经济发展过程表明,现代化的程度越高,对标准化的要求越高,标准化促进社会进步和生产发展的意义越重大。

◎ 1.4 优先数系与优先数

在产品的设计和制造过程中,需要确定许多技术参数。当选定一个数值作为产品的参数指标时,这个参数就会按一定规律向一切相关的材料和制品的相应技术参数传播与扩散,制约着这些技术参数。例如,当螺纹孔的尺寸一经确定,则与之相应的加工螺纹的丝锥和检验内螺纹的螺纹塞规尺寸、攻螺纹前钻孔所用钻头的尺寸就相应确定,同时与该内螺纹相联接的外螺纹、垫圈等尺寸也随之确定。为了满足不同需要,产品必然出现不同的规格。产品参数的数值即使只有微小的差别,经过反复扩散传播,也将造成许多相应产品的尺寸规格繁多杂乱,给生产的组织管理、协作配套和设备的使用维修带来许多困难。

因此,在现代化工业生产中,为追求最佳的技术经济效益,必须对产品各种技术参数的数值进行合理的简化、协调和统一,这是标准化的一项重要内容。标准化要求各种技术参数系列化和简化,需要将参数值合理地分级分档,使其有适当间隔,便于管理和应用。标准化要求使用统一的数系来协调各个部门的生产,优先数系就是这样一种科学的数值制度。

优先数系是技术经济工作中统一、简化和协调产品技术参数的基础。国家标准GB/T 321—2005《优先数和优先数系》中规定优先数系采用十进等比数列,并规定了五个系列。

所谓十进，要求数系中含有 1、10、100、…、 10^n 和 0.1、0.01、…、 10^{-n} 等数（ n 为整数）。数列中 0.1~1、1~10、10~100 等称为十进段。每个十进段中所含的项数是相同的，并且相邻段中的对应项的数值扩大 10 倍（后段）或缩小为前项的 1/10（前段）。优先数系的五个系列公比 q 见表 1-2。其中，R5、R10、R20 和 R40 系列是常用系列，称为基本系列；R80 系列为补充系列。R 后面的数值既表示公比 q 为 10 的整次幂，又表示一个十进段中所含的项数。如 R5 系列，公比为 $10^{1/5}$ ，每个十进段中含 5 项数值。

表 1-2
优先数系的公比（摘自 GB/T 321—2005）

系列符号	R5	R10	R20	R40	R80
r	5	10	20	40	80
$q_r = \sqrt[r]{10}$	1.60	1.25	1.12	1.06	1.03

优先数系的 5 个系列中任一项值均称优先数。按照公比计算得到的优先数的理论值，除 10 的整次幂外，都是无理数，这在工程上不能直接应用。而实际应用的都是经过化整后的近似值：取 5 位有效数字，称为计算值，供精确计算用；取 3 位有效数字，称为常用值，即通常所称的优先数，经常使用；将基本系列中的常用值做进一步化整，取 2 位有效数字，称为化整值。优先数系各基本系列的常用值见表 1-3。

表 1-3
优先数系各基本系列的常用值（摘自 GB/T 321—2005）

优先数系	优先数									
R5	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30					
R10	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00
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
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

由表 1-3 可见，R5 系列的项值包含在 R10 系列之中，R10 系列含于 R20 系列中，依次类推。选用时，采用“先疏后密”的原则，先选用 R5 系列，R5 系列不够用时，再选用以下系列。补充系列 R80，仅用于分级很细的特殊场合。

为了使优先数系有更大的适应性，还可以从基本系列中每隔几项选取一个优先数，组成优先数系的派生系列。例如，派生系列 R10/3，是从 R10 系列中每逢三项（每隔两项）取出一个优先数组成的。首项选取不同，派生系列的形成也不同，首项为 1 时，R10/3 系列为 1.00，2.00，4.00，8.00，16.00，…

优先数系具有一系列的优点：相邻两项的相对差（后项减前项的差除以前项）是一常数；同一系列中任意几项的积、商以及一项的整数幂仍为该系列中的一个优先数；同时具有疏密适当，前后衔接不间断，简单易记，运算方便，数值标准化等优点。因此，这种优先数系已成为国际上统一的标准数值制度。优先数系与优先数是标准化的理论基础。

◎ 1.5 几何量检测概述

根据国家标准,对机械产品各零(部)件的几何量规定合理的公差(即几何量精度设计),为保证零(部)件具有互换性提供了可能性,而要把这种可能变成现实,则必须进行检测,只有检测合格,才能保证零(部)件的互换性。几何量检测是组织互换性生产必不可少的重要措施。

检测是检验和测量的统称。检验只评定被测对象是否合格,而不能给出被测对象量值的大小;测量是通过被测对象与标准量的比较,得到被测对象的具体量值。一般来说,在大批量生产条件下,检测精度要求不太高的零件时常用检验,因为检验的效率;而高精度、单件小批生产或需要进行加工精度分析时,多数采用测量。

在机械加工中,几何量检测工作为实现零件的互换性、提高产品质量和劳动生产率提供了可靠的技术保证。但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,分析产生加工误差的因素,从而采取相应的措施,改进设计,改善工艺,降低生产成本,获取良好的经济效益。

随着生产和科学技术的发展,对检测的准确度和效率提出了越来越高的要求。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。许多科学尖端技术的突破,都是由于依靠检测技术才得以实现的。而各种新技术在几何量检测中越来越广泛的应用,使几何量检测工作在现代工业生产中显示出越来越重要的作用。

◎ 1.6 本课程的任务

本课程是高等学校机械类和近机类各专业必修的主干技术基础课,包含几何量精度设计与几何量检测两方面的内容,把标准化和计量学两个领域的有关部分有机地结合在一起,与机械设计、机械制造、质量控制等多学科密切相关,是机械工程技术人员和管理人员必备的基本知识与技能。

本课程的研究对象为几何量的互换性,即研究如何通过合理的几何量精度设计来解决机器使用要求与制造工艺等之间的矛盾,以及如何运用检测技术保证国家标准的贯彻实施。随着机械工业的发展,对机械产品的精度要求越来越高,本课程的重要性愈加凸显。

通过本课程的学习,学生应达到下列要求:

- 1) 掌握互换性和标准化的基本概念及有关的基本术语和定义。
- 2) 了解本课程介绍的相关标准,掌握本课程中几何量精度设计的主要内容、特点和应用原则。
- 3) 能够根据机器和零件的功能要求,初步开展几何量精度设计;能够查用本课程介绍的相关标准表格,并在图样上正确标注。