



全国高等农林院校“十一五”规划教材

互换性与测量技术

王金武 主编

 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

互换性与测量技术

王金武 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与测量技术 / 王金武主编. —北京: 中国农业出版社, 2008. 2

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-12006-8

I. 互… II. 王… 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. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 001305 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 彭明喜

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 18.25

字数: 318 千字

定价: 25.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材按当前教学改革的需要,以培养学生的综合设计能力为主,加强了应用性的知识,力求遵循教学规律。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,重点说明国家标准在设计中的应用。书中各章有复习思考题,以满足学习教学的需要。书中全部内容采用我国最新公差标准。

本教材包括绪论,尺寸公差与圆柱结合的互换性,形状和位置公差,表面微观轮廓精度,测量技术基础,滚动轴承与孔轴结合的互换性,键、花键结合的互换性,渐开线圆柱齿轮互换性,螺纹结合的互换性,圆锥结合的互换性,尺寸链基础和新一代产品几何量技术规范(GPS)体系等内容,共12章。

本教材供高等院校机械类和近机械类各专业师生使用,也可作为从事机械工程技术人员参考。

编 写 人 员

主 编 王金武 (东北农业大学)

副 主 编 周福君 (东北农业大学)

孔晓玲 (安徽农业大学)

吴 巍 (吉林农业大学)

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王立军 (东北农业大学)

王金武 (东北农业大学)

孔晓玲 (安徽农业大学)

冯晚平 (山西农业大学)

全林斯 (河南农业大学)

邢泽炳 (山西农业大学)

吴 巍 (吉林农业大学)

周福君 (东北农业大学)

郑相周 (华中农业大学)

秦军伟 (沈阳农业大学)

主 审 宫元娟 (沈阳农业大学)

前 言

互换性与测量技术是机械、电子、仪器等制造工业发展紧密联系的基础学科，它不仅将涉及制造业的标准化领域与计量学领域的有关知识紧密地结合在一起，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方面。因此，本学科实际上是一门综合性应用技术基础学科。

本教材是根据全国高校“互换性与测量技术基础”课程教学大纲要求，按照当前的教学改革要求，通过编者多年教学实践并与同行专家及一些兄弟院校反复研讨编写而成的。随着科学技术和本学科的发展，为了更进一步地适应教学需要，与时俱进，本教材突出体现了以下几点：

(1) 既重视对本学科基本理论和规律性知识的总结论述，也重视对本学科的应用与发展的分析；

(2) 采用最新颁布的国家标准；

(3) 对测量技术，以论述原理、原则及方法为主，并将“公差”与“测量”紧密结合，符合技术标准与计量技术国际化的趋势；

(4) 为了做到理论联系实际，学以致用，本教材增加了一些结合实际实例和习题；

(5) 为适应教学改革的需要，以培养学生的综合设计能力为主线，大篇幅地增加了应用性内容等；

(6) 内容丰富，简明扼要，具有前瞻性和较高的学术水平及应用价值；

(7) 适用面广，既适用于多学时讲授，也适用于少学时讲授，

由于各章内容独立,可根据专业的不同情况使用。

随着专业调整 and 教学计划的修改,本学科的教材建设进入了一个新的历史时期,本教材的创新之处是增加了 Geometrical Product Specifications”(产品几何技术规范 GPS),此部分内容作为本学科的发展前沿和未来的发展趋势,说明本学科的科学内涵在不断进步发展。随着新世纪知识的快速扩张和经济全球化,基于产品几何规范的“标准和计量”体系的重要作用日益为国际社会所认同,其水平不但对国家制造业水平有决定作用,而且对国民经济发展有着重要影响。

本教材由王金武主编,周福君、孔晓玲和吴巍副主编,官元娟主审。参加各章编写的有:第一、六章,王金武;第二章,秦军伟、周福君;第三章,冯晚平;第四、十章,孔晓玲、王立军;第五、十二章,全林斯;第七、九章,吴巍;第八章,郑相周;第十一章,邢泽炳。

在本教材的编写过程中,得到了中国农业出版社、全国几何产品技术规范标准化技术委员会 SAC/TC240、全国高校互换性与测量技术研究会等的大力支持,编者在此表示衷心感谢!由于编者水平的限制,本书难免有疏忽错误之处,欢迎读者批评指正!同时在编写过程中参考了相关的教材和文献,在这里向其表示衷心感谢!

本书编写过程中,得到很多兄弟院校有关同志的热情支持和帮助,谨此表示谢意。

编 者

2007 年 10 月

于哈尔滨东北农业大学

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 互换性及其作用	1
一、互换性的含义	1
二、互换性的分类	1
三、互换性的作用	2
第二节 标准化与优先数系	3
一、标准化	3
二、优先数系和优先数	4
第三节 检测技术	6
复习思考题	7
第二章 尺寸公差与圆柱结合的互换性	8
第一节 基本术语和定义	9
一、孔和轴	9
二、有关尺寸的术语和定义	9
三、有关偏差、公差的术语和定义	11
四、有关配合的术语和定义	14
第二节 标准公差系列	20
一、标准公差等级	21
二、标准公差因子(公差单位)	22
三、标准公差的计算	22
四、基本尺寸分段	23
第三节 基本偏差系列	25
一、基本偏差及其代号	25
二、孔、轴的基本偏差	27

第四节 公差带与配合的标准化	40
一、常用尺寸段的极限与配合	40
二、大尺寸段的公差与配合	43
第五节 极限与配合的选择	45
一、基准制的选择	46
二、标准公差等级的选择	47
三、配合的选择	50
第六节 线性尺寸一般公差的未注公差	55
一、线性尺寸的一般公差	55
二、一般公差的作用	55
三、线性尺寸一般公差的极限偏差	56
复习思考题	56
第三章 形状和位置公差	60
第一节 概述	60
一、形位公差的研究对象及其分类	60
二、形位公差的项目及符号	61
三、形位公差的意义和特征	62
四、形位公差的标注	62
第二节 形位公差及其公差带	63
一、形状公差与公差带	63
二、轮廓度公差与公差带	65
三、基准	66
四、定向公差与公差带	70
五、定位公差与公差带	70
六、跳动公差与公差带	72
第三节 公差原则与公差要求	74
一、术语及其意义	75
二、独立原则	79
三、包容要求	80
四、最大实体要求	81
五、最小实体要求	86
六、零形位公差	87
第四节 形位公差的选择	88

一、形位公差特征项目的选择	88
二、形位公差值（或公差等级）的选择	89
三、公差原则和公差要求的选择	93
四、未注公差的规定	93
复习思考题	94
第四章 表面轮廓度	97
第一节 概述	97
一、表面轮廓的特征与形成	97
二、表面粗糙度对零件性能的影响	98
第二节 表面粗糙度的评定	99
一、主要术语和定义	99
二、评定参数	101
第三节 表面粗糙度的选用	104
一、表面粗糙度评定参数的选用	104
二、评定参数值及取样长度、评定长度的选用	105
第四节 表面粗糙度符号、代号及其注法	111
一、表面粗糙度符号和代号	111
二、表面粗糙度的注法	112
第五节 新旧国家标准的差异	114
一、GB/T 3504—2000 与 GB 3504—83 之间的比较	114
二、对 GB/T 131—1993 的修订	115
复习思考题	118
第五章 测量技术基础	120
第一节 测量的基本概念	120
一、测量的定义	120
二、测量过程的四要素	121
三、计量基准	121
四、量块	123
第二节 测量仪器和测量方法	126
一、测量仪器的特性指标	126
二、测量仪器	128
三、测量方法	129

第三节 测量误差与数据处理	131
一、测量误差的基本概念	131
二、测量误差的来源	132
三、测量误差的分类	133
四、测量精度的分类	134
五、测量数据的处理	135
第四节 光滑工件尺寸检测	145
一、孔、轴实际尺寸的验收极限	146
二、光滑极限量规	150
复习思考题	156
第六章 滚动轴承与孔轴结合的互换性	158
第一节 滚动轴承的精度	158
一、滚动轴承的组成和分类	158
二、滚动轴承的公差等级及应用	159
第二节 滚动轴承及相配件的精度	160
一、滚动轴承的内、外径公差带	160
二、滚动轴承相配件的公差带	161
三、滚动轴承与实心轴配合过盈量的选择	162
四、滚动轴承与空心轴配合过盈量的选择	163
五、滚动轴承与轴颈、外壳孔配合的选择	164
第三节 滚动轴承的精度设计	167
一、轴颈和外壳孔的尺寸公差带代号的选择	167
二、轴颈和外壳孔的形位公差和表面粗糙度参数值的选择	170
三、滚动轴承相配件精度设计示例	171
复习思考题	172
第七章 键、花键结合的互换性	173
第一节 平键结合的互换性	173
一、平键结合的结构和尺寸	173
二、平键的互换性	174
第二节 矩形花键结合的互换性	176
一、矩形花键的定心方式	177
二、矩形花键结合的公差与配合	178

第三节 矩形花键的图样标注	180
复习思考题	181
第八章 渐开线圆柱齿轮互换性	182
第一节 齿轮传动的使用要求与误差	182
第二节 轮齿同侧齿面偏差的定义和检测	184
一、齿距偏差	185
二、齿廓总偏差	186
三、螺旋线偏差	188
四、切向综合偏差	188
第三节 径向综合偏差、径向跳动、齿厚和侧隙的定义和检测	189
一、径向综合偏差	189
二、径向跳动 F_r	191
三、齿厚与侧隙	192
第四节 齿轮坯、轴中心距和轴线平行度的定义和检测	199
一、齿轮坯的精度	200
二、中心距偏差和轴线平行度	202
第五节 齿轮表面结构与轮齿接触斑点	203
一、轮齿齿面表面结构与表面粗糙度测量	203
二、轮齿接触斑点	205
第六节 齿轮精度设计	208
一、齿轮精度标准特点与应用分析	208
二、精度等级选择及偏差确定	210
三、齿轮及相关零件偏差数值确定	212
四、渐开线圆柱齿轮工程图标注	213
复习思考题	214
第九章 螺纹结合的互换性	215
第一节 螺纹结合的使用要求和几何参数	215
一、螺纹的种类和使用要求	215
二、普通螺纹的主要几何参数	216
第二节 影响螺纹结合精度的因素	220
一、中径偏差的影响	220
二、螺距误差的影响	221

三、牙侧角偏差的影响	221
四、螺纹作用中径	222
第三节 普通螺纹的公差与配合	224
一、螺纹公差标准的基本结构	224
二、螺纹公差带	224
三、螺纹的旋合长度与公差精度等级	227
四、保证配合性质的其他技术要求	228
五、螺纹的标记	229
第四节 普通螺纹公差与配合的选用	230
复习思考题	231
第十章 圆锥结合的互换性	233
第一节 概述	233
一、圆锥的主要几何参数	233
二、有关圆锥公差的术语	234
三、有关圆锥配合的术语	235
第二节 圆锥公差与配合	237
一、圆锥公差项目	237
二、圆锥公差的给定及标注方法	239
三、圆锥配合的一般规定	240
第三节 锥度和圆锥角的检测	241
复习思考题	243
第十一章 尺寸链基础	244
第一节 尺寸链的基本概念	244
一、尺寸链的定义及其特征	244
二、尺寸链的组成及其建立	245
三、尺寸链计算	246
第二节 极值法解尺寸链	247
一、基本公式	247
二、尺寸链的计算	248
第三节 概率法计算尺寸链	252
一、基本公式	252
二、解尺寸链	253

复习思考题	254
第十二章 新一代产品几何量技术规范 (GPS) 体系	256
第一节 概述	256
一、GPS 的含义与范围	256
二、GPS 标准体系的发展	257
第二节 新一代 GPS 体系	258
一、新一代 GPS 的结构	258
二、新一代 GPS 的基础理论	259
三、图样标注	269
第三节 新一代 GPS 测量不确定度评定规范	270
一、工件与测量设备的认证中合格性判定规则及应用	271
二、测量不确定度的评定及管理	271
三、测量不确定度表述达成一致性的方法	273
第四节 新一代 GPS 应用技术研究	273
复习思考题	274
主要参考文献	275

第一章 绪 论

第一节 互换性及其作用

《互换性与测量技术》课程是培养学生如何进行机械精度设计的一门技术基础课。本课程的内容是机械类专业及近机械类专业的学生进行生产实践所必须用到的技术基础知识。本课程的主要研究对象是机械零件的互换性、公差及检测。

机械设计主要涉及三方面的内容：机械的运动设计、结构设计和精度设计。其中机械精度设计是本课程研究的重点。其主要任务是根据机械的功能要求，正确地选择、设计机械零件的尺寸公差、形状和位置公差以及表面精度，并标注在机械的零件图、装配图上。

一、互换性的含义

日常生活中有大量的现象涉及互换性问题。例如，机器或仪器上掉了一个螺钉，按相同的规格安装就可以了；汽车、拖拉机、联合收割机等某零部件损坏后，也可以换上一个新的，便能正常使用等。之所以这样方便，是因为这些合格的零部件具有在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。

广义地说，互换性是指一种产品、过程或服务代替另一种产品、过程或服务能满足同样要求的能力。对于机械行业，通常指同一规格的一批零部件，按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

在生产中的不同场合，零部件互换的形式和程度有所不同。因此，互换性

分为完全互换和不完全互换。

完全互换是零部件装配或更换时不需要挑选或修配，装上即能满足性能要求。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，对于一批孔和轴装配后的间隙，要求控制在某一范围内，据此规定了孔和轴的尺寸允许变动范围。孔和轴加工后只要符合设计的规定，它们就具有完全互换性。

不完全互换是指在零部件装配前附加挑选或调整的要求，可以用分组装配法、调整法或其他方法来实现。

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。

应该指出，保证零件具有互换性，不仅取决于几何参数的一致性，还取决于零件的物理性能、化学性能、机械性能等参数的一致性。

三、互换性的作用

在设计方面，产品中采用了具有互换性的零部件，采用较多的标准零件和部件，这就使许多零部件不必重新设计，可大大简化绘图和计算，缩短设计周期，有利于计算机辅助设计，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。

在制造方面，互换性是有利于专业化生产，有利于采用先进工艺和高效率的专用设备，提高产品质量，降低生产成本。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。

在使用和维修方面，零件具有互换性，则当该零件损坏后，可以快速地用同型号零件来代替，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。

总之，在生产中实施互换性，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,对促进我国的现代化工业生产起着积极的作用。

第二节 标准化与优先数系

一、标 准 化

在现代工业社会化的生产中,要实现互换性生产,必须制定各种标准,以利于各部门的协调和各生产环节的衔接。

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。标准的制定离不开环境的限定,通过一段时间的执行,要根据实际使用情况,对现行标准加以修订或更新。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。

国家标准 GB 3935.1—1996 对标准化所下的定义为:“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。

国家标准 GB 3935.1—1996 对标准所下的定义为:“为在一定的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”。标准的制订是与当前科学技术水平和生产实践相关,它通过一段时间的执行,要根据实际使用情况,对现行标准加以修订和更新。所以在执行各项标准时,应以最新颁布的标准为准则。

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,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。”强制性标准发布后,凡从事科研、生产、经营的单位和个人,均必须严格执行。