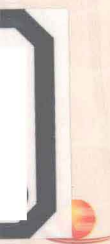


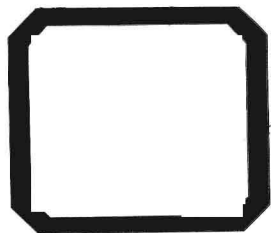
全国高职高专机械类规划教材

互换性与测量技术

HUHUANXING YU CELIAN GJISHU

宋欣颖 曹秀鸽 主编

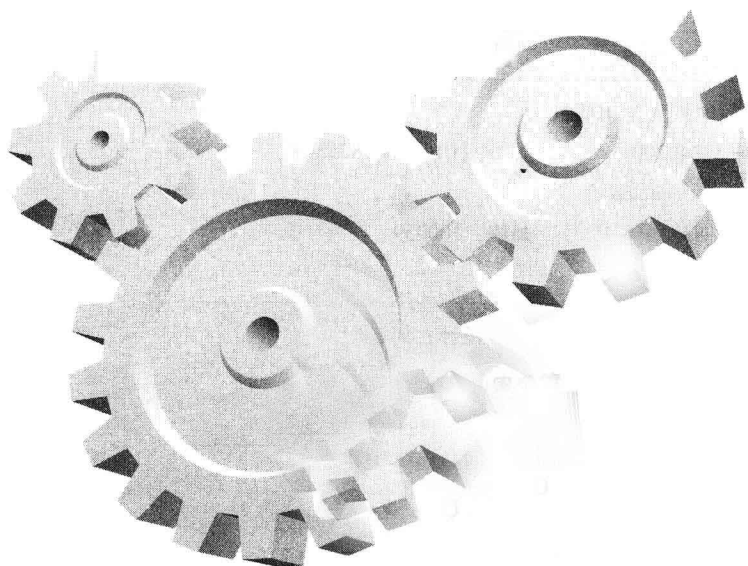
 中央广播电视大学出版社



机械类规划教材

互换性与测量技术

宋欣颖 主 编
曹秀鸽



中央广播电视大学出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与测量技术 / 宋欣颖, 曹秀鸽主编. —北京 :
中央广播电视大学出版社, 2011. 9
全国高职高专机械类规划教材
ISBN 978 - 7 - 304 - 05250 - 8

I. ①互… II. ①宋… ②曹… III. ①零部件 - 互换性 -
高等职业教育 - 教材②零部件 - 测量技术 - 高等职业教育 -
教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 189672 号

版权所有, 翻印必究。

全国高职高专机械类规划教材

互换性与测量技术

宋欣颖 主 编
曹秀鸽

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心 010 - 58840200 总编室 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 袁玉明 马建利

版式设计: 何智杰

责任编辑: 王国华

责任版式: 韩建冬

责任印制: 赵联生

责任校对: 王 亚

印刷: 北京云浩印刷有限责任公司

印数: 0001~3000

版本: 2011 年 9 月第 1 版

2011 年 9 月第 1 次印刷

开本: 185mm × 230mm

印张: 21 字数: 415 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 05250 - 8

定价: 39.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

内容简介

本书是高等职业技术学院和高等专科学校机械类各专业“互换性与测量技术”课程教材。本书在编写过程中，以贯彻互换性国家标准为主线，结合我国高职高专教育的特点和教学要求，注重实用性，重点突出。根据本课程的内容结构，采用模块化的编写体例，各专业可根据专业特点选用不同的模块组合完成教学任务。

本书分为四个模块，分别是测量技术模块、基本几何量公差技术基础模块、典型零部件的互换性与检测模块、几何量综合公差模块。本书充分考虑高职高专人才培养目标，在每一单元都列出知识要点和技能培养目标，同时为加深理解和学用结合，列出不同题型的练习题与思考题。

本书既可作为高职高专院校、成人高校、本科院校的二级职业技术学院等机械类各专业的教材，也可供有关领域工程技术人员参考和作为企业的培训教材。

前 言

互换性与测量技术是高等职业技术学院和高等专科学校机械类各专业一门重要的基础课,涉及几何量公差与测量技术两个范畴。它在教学计划中起到承上启下的作用,是联系机械设计课程与机械制造课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。

本书按照高职高专教育的培养目标要求,教材定位为高等职业技术学院和高等专科学校机械类各专业的基础课教材。为使本教材能够达到预期目标,在广泛了解各高职高专院校的教学现状、学生水平、培养目标的前提下,编者认真探讨了课程设置,研究了课程体系,组织一批具有较高学术水平、丰富教学经验、较强理论实践能力的学科带头人制定、编写大纲。大纲经过编委会认真讨论,以确保该教材的高质量和实用性。编写中充分考虑高职高专的人才培养目标,吸取已有教材的优点,并注重有所创新,努力做到内容新颖、科学规范、结构严谨、理论联系实践。本书具有以下主要特点:

1. 标准新:本书采用最新国家标准。如 GB/T 10095.1—2008《圆柱齿轮精度制 第1部分:轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值》;GB/T 10095.2—2008《圆柱齿轮精度制 第2部分:径向综合偏差与径向跳动的定义和允许值》。

2. 服务性:以服务高职高专教学为最高宗旨,认真做好教学内容的取舍、教学方法的选取、教学成果的检验工作。本教材在教学过程中的有益反馈,都将及时体现在后续版本中。

3. 实用性:教材中注意结合当前工厂中实际图纸中的具体问题作出分析,使学生能比较熟练地应用所学知识解决实际问题,从而做到既注重培养学生分析问题的能力,更注重培养学生解决问题的能力。教材内容符合职业标准及企业生产实际需要,有利于培养实用型人才。

4. 采用模块化结构:教材在内容编排上,力求由浅入深、循序渐进、举一反三、突出重点、语言简练、通俗易懂。采用模块化结构,兼顾不同层次的需求,在具体授课时可根据具体教学计划学时适当取舍内容。



5. 实践性：重视实践性教学环节，加强技能训练和生产实习教学，与企业培训和其他类型教育相沟通，与国家职业资格证书体系相衔接。

本书由宋欣颖（辽宁广播电视大学，副教授）、曹秀鸽（兰州城市学院，副教授）担任主编。全书共分为4个模块12个单元。绪论、第3单元、第4单元、第7单元由宋欣颖编写；第1单元、第10单元由曹秀鸽编写；第2单元由白月飞（兰州城市学院，副教授）编写；第5单元由许晓琳（辽宁装备制造职业技术学院，助教）编写；第6单元由彭彦（兰州城市学院，副教授）编写；第8单元、第9单元由郭琳（辽宁装备制造职业技术学院，助教）编写；第11单元由朱虹（辽宁装备制造职业技术学院，讲师）编写，第12单元由杨斌（兰州城市学院，副教授）编写。全书由宋欣颖统稿审定。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2011年4月

目 录

绪 论	1
0.1 本课程的性质和要求	2
0.2 互换性与公差的概念	4
0.3 标准化与优先数系	6

模块1 测量技术

第1单元 测量技术基础	12
1.1 测量技术的基本知识	13
1.2 长度和角度计量单位与量值传递	14
1.3 计量器具与测量方法	22
1.4 测量误差及数据处理	26
1.5 计量器具的选择	37
第2单元 三坐标测量机简介	43
2.1 概述	43
2.2 三坐标测量机的测量系统	45
2.3 三坐标测量机的测量步骤	47
2.4 三坐标测量机的测量误差	51



模块2 基本几何量公差技术基础

第3单元 尺寸公差与圆柱结合的互换性	55
3.1 公差与配合的基本术语及定义	56
3.2 标准公差系列	64
3.3 基本偏差系列	66
3.4 圆柱结合的尺寸精度设计	81
第4单元 几何公差与检测	96
4.1 概述	97
4.2 几何公差的标注方法	100
4.3 几何公差的定义	111
4.4 公差原则	134
4.5 几何误差的评定及检测	153
4.6 几何公差的标准与选用	156
第5单元 表面粗糙度	163
5.1 表面粗糙度的含义及其影响	164
5.2 表面粗糙度的评定	166
5.3 表面粗糙度的标注	172
5.4 表面粗糙度的参数值及其选用	178
5.5 表面粗糙度的检测方法	182

模块3 典型零部件的互换性与检测

第6单元 滚动轴承与孔轴结合的互换性	188
6.1 滚动轴承的结构及分类	189
6.2 滚动轴承的公差带	189

6.3 滚动轴承与轴和外壳孔的配合及其选择	192
6.4 选择与滚动轴承配合时应考虑的问题	194
6.5 配合表面的其他技术要求	196
第7单元 键联接的互换性	200
7.1 平键联接的互换性及检测	201
7.2 花键联接的互换性及检测	204
第8单元 螺纹联接的互换性	211
8.1 概述	211
8.2 螺纹几何参数对互换性的影响	216
8.3 螺纹的公差与配合及其选用	221
第9单元 圆锥结合的互换性	231
9.1 概述	231
9.2 圆锥几何参数误差对互换性的影响	233
9.3 圆锥的公差与配合	234
第10单元 圆柱齿轮传动的互换性	245
10.1 概述	246
10.2 圆柱齿轮的误差项目及检测	249
10.3 齿轮副的误差项目及检测	264
10.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	268
10.5 齿轮副的侧隙及齿坯、箱体公差	276
10.6 圆柱齿轮精度设计	282

模块4 几何量综合公差

第11单元 光滑极限量规	289
11.1 光滑极限量规概述	290



11.2 光滑极限量规公差带	292
11.3 光滑极限量规设计	296
第12单元 尺寸链	304
12.1 概述	304
12.2 尺寸链的确立与分析	307
12.3 用完全互换法解尺寸链	310
12.4 用大数互换法解尺寸链	317
12.5 用其他方法解装配尺寸链	321
参考文献	326

绪 论

本单元导读

“互换性与测量技术”是工科机械类及相关专业的一门综合性、实用性都很强的基础课，是学习机械设计、机械制造、数控加工编程与操作等专业课程的先修课程。通过本单元介绍，学生可了解本课程的性质、研究对象、在专业体系中的地位及学习方法和要求。

互换性生产对我国现代化生产具有十分重要的意义，互换性原则已成为现代制造业中普遍遵守的原则。那么互换性在机械制造业中的作用体现在哪些方面？如何实现零件的互换性？什么是标准、标准化？为何要制定相关标准？优先数系与标准有什么关系？几何量检测有何重要意义？所有这些问题都将通过这一单元的内容得到解答。

知识要点

1. 互换性的概念；
2. 互换性生产的特点及意义；
3. 标准与标准化的概念及意义；
4. 优先数系的概念及意义；
5. 几何量检测的意义。

技能培养目标

能列举出日常生活中、机械制造中具有互换性的产品，并分析它们在设计、制造、使用维修等方面的意义。



0.1 本课程的性质和要求

0.1.1 本课程的性质

本课程是机械类各专业的一门重要基础课,从“精度”和“误差”两方面去分析研究机械零件及机构的几何参数,是联系机械设计课程与工艺课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。它研究的是机械设计和制造过程中的几何量公差配合(简称公差配合)与检测技术。

任何机械产品的设计,总是包括运动设计、结构设计、强度设计和精度设计。互换性与测量技术这门课程研究的主要问题是机械零件的精度设计。

机械零件的精度设计,就是要根据使用要求和制造的经济性,正确地给出零件的尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度数值,以便将零件的制造误差限制在一定的范围内,使机械产品装配后能按预期的要求正常工作。在装配图上,须标注配合代号,如图0-1所示;在零件图上,须标注公差代号,如图0-2所示。

零件加工后是否符合精度要求,只有通过检测才能知道,所以检测是精度要求的技术保证,是本课程研究的另一重要问题。

0.1.2 本课程的基本要求

学生在具有一定的理论知识和初步的生产实践知识,能读图并懂得图样画法的基础上,完成本课程的学习任务后,应初步具备以下能力:

- (1) 理解互换性和标准化的基本概念;
- (2) 了解各种几何参数有关公差标准的基本内容和主要规定;
- (3) 对常用的公差要求会正确识别、解释和查用有关表格,学会根据机器和零件的功能要求,选用合适的公差与配合,即进行精度设计,并能正确地标注到图样上;
- (4) 了解各种典型零件的测量方法,学会使用常用的计量器具,能对一般几何量进行综合检测 and 数据处理。



0.2 互换性与公差的概念

任何一台机器的设计,除了运动分析、结构设计、强度与刚度计算外,还要进行精度设计,确定合理的公差,用公差来控制误差,并通过检测手段保证零件的质量。

0.2.1 互换性的概念

1. 互换性的定义

互换性是指一种产品、过程或服务替代另一种产品、过程或服务能满足同样要求的性能。互换性在日常生活中随处可见。例如,灯泡坏了换个新的,自行车、汽车零件坏了,换同规格的新零件即可,这是产品的互换性;“百度”的搜索功能“搜狐”也能实现,这是网络服务的互换性。本课程主要讨论机械制造业中产品零部件的互换性。

在机械制造业中,互换性是指机械产品中同一规格的一批零件或部件,任取其中一件,不需要作任何挑选、调整或附加加工(如钳工修配)就能装到机器(或部件)上,并且能够达到预定使用性能要求的一种特性。如一批规格为 M10-6H 的螺母与 M10-6g 螺栓的自由旋合。在现代化生产中,一般应遵守互换性原则。

机械零部件互换性应包括几何量、机械特性和理化性能的互换性。在原材料一定的前提下,几何量的互换性成为重点,因此本课程讨论如何实现零部件的几何量互换性。

2. 互换性在机械制造中的作用

互换性在机械制造业中的作用主要体现在以下三个方面:

(1) 在设计方面。零件具有互换性,就可以最大限度地使用标准件、通用件和标准部件,这样就可以简化绘图、减少计算工作量、缩短设计周期,并便于采用计算机进行辅助设计。

(2) 在制造加工方面。有利于组织专业化生产,采用高效率的生产设备,实现加工过程和装配过程机械化、自动化,从而提高劳动生产率,降低生产成本,保证产品质量。

(3) 在使用维修方面。互换性可以使磨损或损坏了的零件得到及时更换,可以减少机器的维修时间和维修费用,保证机器正常运转,从而延长机器的使用寿命和提高机器的使用价值。

互换性在提高产品质量和产品可靠性、提高经济效益等方面均具有重大意义。互换性原

则已成为现代制造业中一个普遍遵守的原则。

3. 互换性的种类

互换性按互换的程度可分为完全互换性（绝对互换）与不完全互换性（有限互换）。

若零件在装配或更换时，不限定互换范围，以零部件装配或更换时不需要任何挑选或修配为条件，则其互换性为完全互换性。如日常生活中所用电灯泡，机械制造中螺栓、螺母、圆柱销、滚动轴承等。

不完全互换性也称有限互换性，在零件装配时允许有附加条件的选择、调整或只允许零件在一定范围内互换。如机器上某部位精度越高，相配零件精度要求就越高，加工困难，制造成本高，为此，生产中往往把零件的精度适当降低，以便于制造，然后再根据实测尺寸的大小，将制成的相配零件分成若干组，使每组内的尺寸差别比较小，再把相应的零件进行装配。这种仅组内零件可以互换、组与组之间不能互换的互换性，称为分组互换。除分组互换法外，还有修配法、调整法，主要适用于小批量和单件生产。

对标准部件或机构来说，其互换性又可以分为内互换性和外互换性。内互换性指部件或机构内部组成零件间的互换性；外互换性指部件或机构与其配合件间的互换性。例如，滚动轴承内、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性；滚动轴承内圈内径与传动轴的配合、滚动轴承外圈外径与壳体孔的配合为外互换性。

0.2.2 几何量公差的概念

1. 加工误差

零件加工时，任何一种加工方法都不可能把工件加工得绝对准确，一批成品工件总是存在不同程度的差异。机械的制造过程包括加工制作和检测，因此制造误差含加工误差和测量误差。一般情况下，制造误差以加工误差为主要成分。随着制造技术水平的提高，可以减小尺寸误差，但永远不能消除尺寸误差。

对机械加工而言，当产品的原材料一定时，其加工误差主要体现在零件的几何量方面。例如，加工一批同规格的轴所期望的理想状态，如图 0-3 所示，但完工后该批零件的实际情况是：每个轴的实际尺寸不等，有形状误差（非理想圆柱面）和位置误差（不垂直于基准平面 A），表面不光洁，如图 0-4 所示。几何量误差包括尺寸误差、形状误差、位置误差、表面粗糙度及典型零件（齿轮、螺纹）等精度评定参数等。

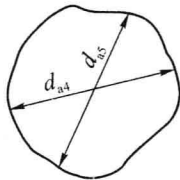
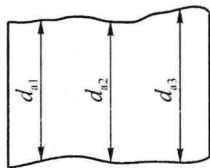
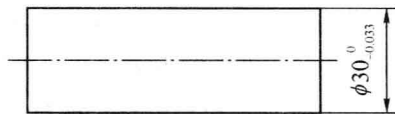


图 0-3 轴尺寸误差示意图

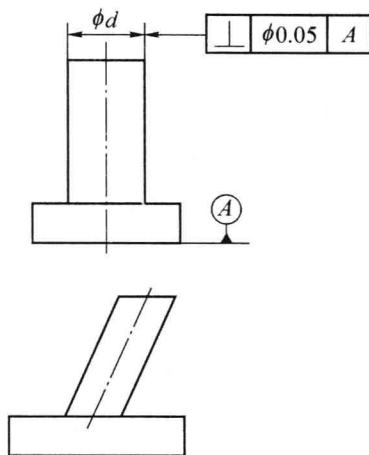


图 0-4 轴形位误差示意图

2. 几何量公差

虽然零件的加工误差可能影响到零件的使用性能,但只要将其控制在一定范围内,仍能满足使用功能要求,也就是说仍可以保证零件的互换性要求,这个允许几何量的变动范围就是几何量公差。公差包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。

为了保证零件的互换性,要用公差来控制误差。公差是由设计人员根据产品使用性能要求给定的。它反映了一批工件对制造精度的要求、经济性要求,并体现加工难易程度。公差越小,加工越困难,生产成本越高。在满足功能要求的前提下,公差值应尽量规定得大一些,以便获得最佳的经济效益。

0.3 标准化与优先数系

0.3.1 标准与标准化

现代化工业生产的特点是规模大,协作单位多,互换性要求高。为了正确协调各生产部门和准确衔接各生产环节,必须有一种协调手段,使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的技术统一,成为一个有机的整体,以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段,是实现互换性的基础。

1. 标准

标准是指对需要协调统一的重复的事物（如产品、零部件）和概念（如术语、规则、代号）所做的统一规定。它是从事生产、建设和商品流通等工作中共同遵守的一种技术依据，经一定程序批准后，在一定范围内具有约束力。

标准对于改进产品质量、缩短产品设计周期、开发新产品和协作配套、提高社会经济效益和发展对外贸易等都有重要的意义。

2. 标准化

标准化是指为了在一定的范围内获得最佳秩序，对实际或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动。标准化是一个过程，是标准的制定、发布、组织实施和对标准的实施进行监督以及对标准不断完善、不断修订的循环过程。没有这一过程，标准将是一纸空文。

3. 标准分类

标准需要从不同角度分类。

（1）根据标准的有效范围，我国标准分为国家标准（GB）、行业标准（如JB）、地方标准（DB）、企业标准（QB）四个级别。从世界范围内，有国际标准（如ISO为国际标准化组织制定的标准）和区域标准（如EN为欧盟制定的标准）两级。

我国标准的制定原则是：对于需要在全国范围内统一的技术要求，可制定行业标准，但在公布相应的国家标准后，该行业标准即行废止。对于没有国家标准和行业标准，而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生要求，可制定地方标准，但在公布相应的国家标准和行业标准后，该地方标准即行废止。企业生产的产品没有国家标准和行业标准的，应制定企业标准，作为企业生产依据；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。

（2）按标准化对象的特性分为技术标准和管理标准。技术标准又可分为基础标准、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、形位公差标准、渐开线圆柱齿轮精度标准等。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、一般工程技术人员必须采用的通用性标准，也是制定其他标准时可依据的标准。本书所涉及的标准就是基础标准。

（3）按标准的法律属性分为强制性标准和推荐性标准。例如，安全标准、卫生标准、环保标准等是强制性标准，而方法标准、服务标准等是推荐性标准。

4. 我国标准化的发展

我国政府十分重视标准化工作，1958年发布第一批120项国家标准。从1959年开始，