



高等职业教育“十二五”规划教材  
制造类专业基础平台课系列

# 互换性与测量技术基础

● 主 编 张慧民 韩立洋  
副主编 蔡晓双  
主 审 朱均均 吴年丰



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

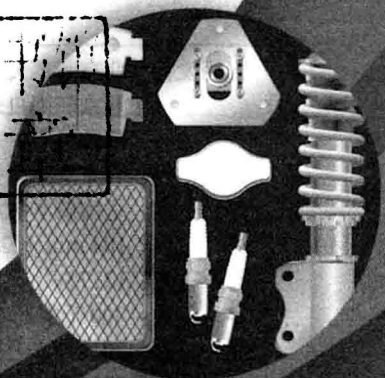


高等职业教育“十二五”规划教材  
制造类专业基础平台课系列

# 互换性与测量技术基础

● 主 编 张慧民 韩立洋  
副主编 蔡晓双  
主 审 朱均均 吴年丰

常州大学图书馆  
藏书



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

---

### 图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础 / 张慧民, 韩立洋主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.2

高等职业教育“十二五”规划教材·制造类专业基础平台课系列  
ISBN 978-7-303-12093-2

I. ①互… II. ①张…②韩… 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(2011)第 016415 号

---

---

出版发行: 北京师范大学出版社 [www.bnup.com.cn](http://www.bnup.com.cn)

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 12.75

字 数: 300 千字

版 次: 2011 年 2 月第 1 版

印 次: 2011 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 21.00 元

---

策划编辑: 庞海龙

责任编辑: 庞海龙

美术编辑: 高 霞

装帧设计: 弓禾碧工作室

责任校对: 李 茵

责任印制: 孙文凯

### 版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

## 出版说明

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)文件精神,“十二五”期间,北京师范大学出版社将组织出版高等职业教育“十二五”系列规划教材。在组织教材编写的过程中,我们始终坚持科学发展观,紧紧围绕高等职业教育的培养目标,从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发,坚持以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心,以工作过程为导向的课程改革与教材建设理念,着力打造反映教学改革最新精神的高职教育教材。为此,我们邀请了全国职业教育的专家、有关高职院校的骨干教师,共同编写了本套系列规划教材。

经过众多专家、老师的努力,本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展,形成了鲜明的编写风格:

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面。通过成果的获得,激发学生学习的兴趣,激励学生勇于探索,不断进步。

2. 任务引领。每个项目分为若干个子任务,在任务的完成中学习相关知识、技能,实现学生的全面发展。

3. 学生为本。教材的设计以学生为中心,在教材组织的各个环节突出学生的主体地位,引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。

4. 图文并茂。考虑到高等职业学院学生的心理和生理特点,本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式,便于学生学习。

5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中,配套研发与教材相应的电子教案、课件、实训指导材料等助教、助学资源库,以便教师授课和学生学习使用。

当然,任何事物的发展都有一个过程,职业教育的改革与发展也有一个过程,同样,我们组织出版的本套系列规划教材也需要在教学实践的过程中不断完善,因此,衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议,并积极参与到我们进一步的教材研发中来,共同为我国的高等职业教育教学改革和教材建设作出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

# 前 言

“互换性与测量技术基础”是高等工科院校机械类专业的重要技术基础课——它包含几何量公差与误差检测两大方面的内容，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、质量检测等多方面密切相关，是机械工程技术人员和管理人员必备的基本知识和技能。

本书在广泛征求读者意见并对企业进行多次培训的基础上，针对高职院校学生工作岗位状况，具体分析所需内容及技术储备而编写。书中采用最新国家标准，重点阐述了基本概念和标准的应用，列举了较多的选用实例；介绍了几何量各种误差检测方法及常用量具使用、误差分析，本书的最后一章融进了工业实例。通过工业案例的分析，让学生熟悉质量检测的整个工作过程，达到学以致用效果。

本书的特色如下：

1. 书中采用最新国家标准；
2. 针对高职院校学生的就业岗位及其可持续发展的状况，本教材增加了误差检测及数据分析，更具有实用性；
3. 书中吸收了学校多年的教学经验和成果，增加了本校教师在培训过程中部分企业员工带来的工业实例，使得内容更具针对性。

由于本书的适用范围是高职院校学生的教学及企业员工的培训，所以增加了形位误差的检测及数据分析内容，扩大了适用面，按照 60 学时编写，在使用中可根据具体情况进行取舍。

本书共分九章，内容包括绪论、测量技术概述、测量误差及数据处理、光滑圆柱体结合的公差与配合、形位公差及形位误差的检测、表面结构及测量、螺纹连接公差及其检测、量规的设计、实例分析。参加本书编写的有：张慧民（第一章、第三章、第五章、第九章）、韩立洋（第二章、第四章、第六章）、蔡小双（第七章、第八章）。本书由张慧民、韩立洋担任主编，蔡小双担任副主编，苏州大学朱均均、吴年丰主审。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

## 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	1	<b>第五章 形位公差及形位误差的检测</b> ..	80
第一节 互换性及其意义 .....	1	第一节 基本概念 .....	80
第二节 标准化 .....	4	第二节 形位公差及形状误差的测量	
第三节 本课程的任务 .....	7	.....	84
本章常用术语英汉对照 .....	8	第三节 方向、位置公差及其误差的	
课后习题 .....	8	测量 .....	98
<b>第二章 测量技术概述</b> .....	9	第四节 公差原则 .....	115
第一节 概 述 .....	9	第五节 形位公差的选用 .....	120
第二节 长度量值的传递 .....	10	第六节 形位误差的检测原则 .....	123
第三节 计量器具和测量方法 .....	13	本章常用术语英汉对照 .....	125
本章常用术语英汉对照 .....	15	本章小结 .....	126
本章小结 .....	16	课后习题 .....	126
课后习题 .....	16	<b>第六章 表面结构及测量</b> .....	130
<b>第三章 测量误差及数据处理</b> .....	17	第一节 概 述 .....	130
第一节 测量误差 .....	17	第二节 表面粗糙度参数 .....	131
第二节 测量列的数据处理 .....	21	第三节 表面结构代号及标注 .....	134
第三节 测量误差的来源及防止 .....	27	第四节 表面粗糙度参数的选择 .....	137
本章常用术语英汉对照 .....	28	第五节 表面粗糙度参数的测量 .....	139
本章小结 .....	29	本章常用术语英汉对照 .....	140
课后习题 .....	29	本章小结 .....	141
<b>第四章 光滑圆柱体结合的公差与配合</b>		课后习题 .....	141
.....	30	<b>第七章 螺纹连接公差及其检测</b> .....	142
第一节 相关尺寸的基本术语及定义		第一节 螺纹的分类及基本概念 .....	142
.....	30	第二节 螺纹几何参数对互换性的影响	
第二节 公差与偏差的基本术语及定义		及分析 .....	146
.....	31	第三节 普通螺纹连接的公差与配合	
第三节 公差与配合的国家标准 .....	34	.....	148
第四节 尺寸公差与配合的选用 .....	48	第四节 螺纹的检测 .....	155
第五节 量具的选用原则及尺寸检测		本章常用术语英汉对照 .....	157
.....	61	本章小结 .....	158
本章常用术语英汉对照 .....	78	<b>第八章 量规的设计</b> .....	159
本章小结 .....	79	第一节 光滑极限量规的作用和分类	
课后习题 .....	79	.....	159

第二节 光滑极限量规的设计原理 .....	161	<b>第九章 实例分析</b> .....	168
第三节 量规的设计 .....	164	第一节 轴、套类零部件的检验 .....	169
本章常用术语英汉对照 .....	166	第二节 盘类零部件的检验 .....	178
本章小结 .....	167	第三节 板类零部件的检验 .....	182
课后习题 .....	167	第四节 箱体类零部件的检验 .....	187
		第五节 其他零部件的检验 .....	191
		<b>参考文献</b> .....	196

# 第一章

# 绪 论

## 第一节 互换性及其意义

### 一、概述

在日常生活和生产实践中，我们经常使用可以相互替换的零部件。在机械和仪器制造行业中，零、部件的互换性是指合格的同一规格的产品和零部件具有在尺寸、功能上彼此互相替换的性能。例如，人们经常使用的自行车、汽车和手表的零部件就是按照互换性要求生产的。当自行车、汽车和手表的零部件损坏后，修理人员很快就可以用同样规格的零部件换上，恢复自行车、汽车和手表的功能。

机械工业生产中，经常要求产品的零部件具有互换性。图 1-1 所示的减速器装配图局部，由垫片、箱体、轴承、油封、阶梯轴、轴承盖、键、齿轮等许多零部件组成，而这些零部件是分别由不同的工厂和车间制成的。装配减速器时，在制成的同一规格零部件中任取一件，若不需要挑选或修配，便能与其他零部件安装在一起而组成一台机器，并且能够达到规定的功能要求，则称这样的零部件具有互换性。

互换性不仅给产品的维修带来很大的方便，而且给产品的设计、制造都带来了方便。

从设计角度看，按使用互换性进行设计，通过采用标准件、通用件，可以大大地减少绘图、设计等工作量，进而缩短了设计周期，并且有利于产品品种的多样化设计和计算机辅助设计。例如，图 1-1 所示的装配图直接可以从零件图中复制过来，这样提高了效率，缩短了设计周期。

从制造方面看，互换性有利于组织进行大规模的专业化生产，即有利于采用先进工艺和高效率的专用设备，甚至用计算机进行辅助制造，有利于实现加工和装配过程中的机械化、自动化，从而减轻工人的劳动强度，提高生产效率，保证产品质量，降低生产成本。

综上所述，互换性对保证产品质量、提高生产率以及增加经济效益具有重大的意义。



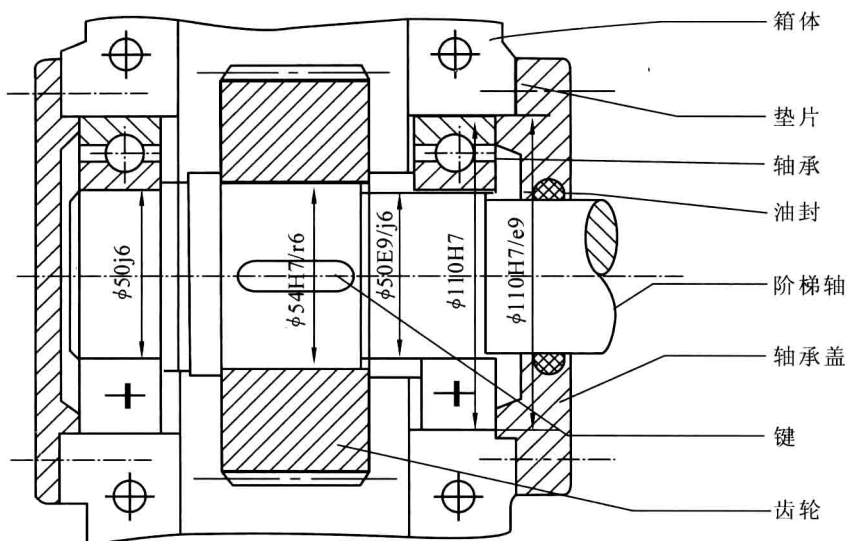


图 1-1 减速器装配图局部

它不仅适用于大批量生产，也适用于单件小批量生产。因此，互换性已经成为现代机械制造行业中普遍遵守的原则。

## 二、互换性分类

机械和仪表制造业中的互换性，通常包含几何参数互换性和机械性能互换性。零件的机械性能互换性包括物理性能、化学性能以及力学性能等参数。本书仅讨论几何参数互换性。

所谓几何参数互换是指零部件的尺寸、形状、零部件的表面粗糙度以及相互的位置关系和参数具有互换性。为了满足互换性的要求，若要求相同规格的零部件间，其几何参数完全一致，在工程实践中是不可能的。而实际工作中，只要零部件的几何参数保持一定的变动范围，即可达到互换的目的。

互换性按其互换程度可分为完全互换与不完全互换。

### 1. 完全互换

完全互换是指一批零部件装配前不经选择，装配时也无须修配和调整，装配后即可满足预定的使用要求。如螺栓、圆柱销等标准件的装配大都属此类情况。

### 2. 不完全互换

当装配精度要求很高时，若采用完全互换将使零件的尺寸公差很小，加工困难，成本很高，甚至无法加工，则可采用不完全互换法进行生产。例如，孔与轴间的间隙装配精度要求很高，即间隙变动量要求很小，若采取完全互换性将使零部件的加工困难，成本增加。这时可以把孔、轴的尺寸公差适当放大，以便于加工。在完工后，再用量仪将制成的孔和轴按实际尺寸的大小分成若干组，使每组内的零件的尺寸差别较小。然后把对应组的零件进行装配，从而达到装配精度较高。如此，既保证装配精度与使用要求，又降低成本。此时，仅是组内零件可以互换，组与组之间不可互换，因此，也叫分组互换法。

这种不完全互换是在零部件装配时允许有附加的选择或调整。通过这种方法降低加工

难度，进而节约生产成本。不完全互换可以通过分组装配法、调整法或其他的方法来实现。

装配时，允许用补充机械加工或钳工修刮办法来获得所需的精度，称为修配法。用移动或更换某些零部件以改变其位置和尺寸的办法来达到所需的精度，称为调整法。

不完全互换只限于部件或机构在制造厂内装配时使用。对厂外协作，则往往要求完全互换。究竟采用哪种方式为宜，要由产品精度、产品复杂程度、生产规模、设备条件及技术水平等一系列因素决定。

一般情况下，大量生产和成批生产，如汽车、拖拉机厂大都采用完全互换法生产。精度要求很高，如轴承工业，常采用分组装配，即不完全互换法生产。而小批量生产和单件生产，如矿山、冶金等重型机器业，则常采用修配法或调整法生产。

### 三、互换性与公差的关系

零部件在加工时不可避免地会产生误差。要想把同一规格的一批零部件的几何参数做得完全一致是不可能的，而且也没有必要。如果这样做，不仅增加了加工难度而且也提高了生产成本。因此只需要把零部件几何参数的误差控制在一定的范围内就可以了。这样零部件几何量只要在一定的范围内变化，保证同一规格的零件彼此充分相似，这个允许变动的范围就叫做公差。

要使零件具有互换性，就应该把加工零件的误差控制在规定的公差范围内，也就是说互换性要用公差来保证。设计者在进行工程设计时的任务就是要正确确定公差，并把它在图样上明确地表示出来。因此，在满足功能要求的前提下，公差应该尽量地规定大一些，以获得最佳的技术经济效益。

### 四、公差与检测

公差包括尺寸公差、形状公差、位置公差和角度公差等。

加工完的零部件的误差是否在公差允许的范围内变动，要通过检测来加以判断。因此，检测是组织互换性生产必不可少的措施。但是，在检测过程中不可避免地会产生或大或小的测量误差，这将导致两种误判：一是把不合格品误认为合格品而予以接收；二是把合格品误认为废品而予以报废。要解决上述问题，应从产品质量和经济性两方面综合考虑。

因此，检测的目的不仅在于判断工件是否合格，还可以通过检测的结果，分析产生废品的原因，进而减少甚至消除废品；同时，及时调整生产，监督工艺过程，预防废品的产生。

在实际的生产实践中，经常有以下两种模式检测。其中，将测量结果与设计要求相比较，从而判定其合格性，称为“测量检验”。该检测包括测量和检验两个过程，它是一种定量检验。用量规进行检验是一种定性检验。量规是一种无刻度的专用量具，结构简单，精度可靠，使用方便，检验效率高。量规一般可分成两大类。一类是极限量规，主要用于判断被测尺寸是否在两极限尺寸之间。另一类是综合量规，用于判断被测实际轮廓是否超越设计给定的边界。综合量规包括形状、位置综合量规、花键量规(通端)、螺纹量规(通端)等。“检验”是确定产品是否满足设计要求的过

随着科技的发展,对检测的准确度和效率要求越来越高。产品质量的提高有赖于检测准确度的提高。产品数量的增加有赖于检测效率的提高。

综合上述两方面因素,合理确定公差与正确进行检测,是保证产品质量并实现互换性生产的两个必要的条件和手段。

## 第二节 标准化

现代工业生产的特点是规模大、品种多、分工细、协作单位多、互换性要求高。为了适应生产中各部门的协调和各生产环节的衔接,保持必要的技术统一,成为一个有机整体,使生产有序地进行,实现互换性生产。因此,标准与标准化正是满足互换性生产的基础。

### 一、标准

所谓标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学技术和实践经验的综合成果为基础,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。标准应以科学、技术和经验的综合成果为基础,以促进最佳社会效益为目的。

某一个领域需要达到的统一的标准要求。如信息工作标准化,其目的是使文献工作走向标准化、系列化和通用化,达到信息交流和资源共享。为了发展商品经济,促进技术进步,改进产品质量,对工业产品、规格、质量、等级或者安全卫生等需要有统一的技术要求。为了使标准化工作适应社会主义现代化和发展对外经济的需要,对工农业产品的设计、生产、检验、包装、储存、运输、环境保护等方面也需要制定统一的技术标准。中国标准化组织工作的任务是制定标准、组织实施标准和对标准的实施进行监督。国际标准化组织(ISO)的主要任务是制定国际标准、协调世界范围内的标准化工作。标准化的问题由来已久。中国自秦代开始,历代王朝都有法定度量衡标准以及法定违反标准的罚则。现代标准化是近两三百年发展起来的。工业革命将标准化问题提上了日程。标准化包括制定标准和贯彻标准,已取得世界上各国和国际社会的重视。

标准按照不同级别颁发。我国标准可以分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

国家标准(代号为 GB)是在全国范围内统一的技术要求。根据《中华人民共和国标准化法》的规定,对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准。国家标准由国务院标准化行政主管部门制定。国家标准的年限一般为五年,过了年限后,国家标准就要被修订或重新制定。此外,随着社会的发展,国家需要制定新的标准来满足人们生产、生活的需要。因此,标准是一种动态信息。

对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求,可以制定行业标准。行业标准由国务院有关行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门备案。如机械标准就属于行业标准的一种,其代号为 JB。

对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一标准的工业产品的安全、卫生要求,可以制定地方标准。地方标准(代号为 DB)由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门和国务院有关行政主管部门

备案。

企业生产的产品没有国家标准和行业标准的，应当制定企业标准，作为组织生产的依据。企业的产品标准须报当地标准化行政主管部门和有关行政主管部门备案。企业标准的代号为 Q。

《中华人民共和国标准化法》规定：具有法律属性，在一定范围内通过法律、行政法规等手段强制执行的标准是强制性标准；其他标准是推荐性标准。

根据《国家标准管理办法》和《行业标准管理办法》，下列标准属于强制性标准：药品、食品卫生、兽药、农药和劳动卫生标准；产品生产、储运和使用中的安全及劳动安全标准；工程建设的质量、安全、卫生等标准；环境保护和环境质量方面的标准；有关国计民生方面的重要产品标准，等等。

大量标准属于推荐性标准，推荐性标准也应积极采用，推荐性标准的代号为 GB/T。国际标准定义：国际标准化组织 (ISO) 的标准化原理委员会 (STACO) 一直致力于标准化基本概念的研究，先后以“指南”的形式给“标准”的定义作出统一规定，1991 年，ISO 与 IEC (国际电工委员会) 联合发布第 2 号指南《标准化与相关活动的基本术语及其定义 (1991 年第六版)》，该指南给“标准”定义如下：“标准是由一个公认的机构制定和批准的文件，它对活动或活动的结果规定了规则，导则或特性值，供共同和反复使用，以实现在预定结果领域内最佳秩序的效益。”注：标准应建立在科学技术和实践经验的综合成果基础上，并以促进最佳社会效益为目的。

该定义明确告诉我们，制定标准的目的、基础、对象、本质和作用。由于它具有国际权威性和科学性，无疑应成为世界各国，尤其是 ISO 和 IEC 成员国遵循的标准。

## 二、标准化

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称为标准化。它包括制定、发布及实施标准的过程。标准化的重要意义是改进产品、过程和服务的适用性，防止贸易壁垒，促进技术合作。

## 三、优先数和优先数系标准

在机械设计过程中，经常需要确定许多参数，而且这些参数间相互关联。例如：设计减速器上箱体的螺纹孔，当螺纹孔的直径一旦确定，与其相配合的螺钉尺寸、加工用的丝锥尺寸、检验用的螺纹塞规格尺寸，甚至攻螺纹前的钻孔尺寸也随之而定。所以常常形成牵一发而动全身的现象。因此，用统一的数系来协调各个部门的生产，把各种参数分级，已经势在必行。

优先数和优先数系是一种科学的数值制度，它适用于各种数值的分级，是国际统一的分级制度。之所以要给优先数系制定标准，是因为它有一系列的优点。工程技术上所采用的各项参数指标，特别是需要分等分档的参数指标，可以防止数值传播的紊乱。它适用于标准的制定，也适用于标准制定前的规划、设计，从而把产品品种的发展一开始就引向科学的标准化轨道。因此，优先数系是国际上一个统一的重要的基础标准。

为满足我国工业生产的需要，国家标准 GB321-80《优先数和优先数系》规定十进制等比数列为优先数系，并规定了五个系列。优先数系由一些十进等比数列构成。代号为 Rr，

公比为  $q_r = 10^{1/r}$  ( $r$  取 5、10、20、40、80)。项值从 1 开始, 可向大于 1 或小于 1 两边无限延伸, 每个十进区间(1~10, 10~100, ..., 1~0.1, 0.1~0.01, ...)各有  $r$  个优先数。

R5、R10、R20、R40 四个常用数列称为基本系列, 公比分别为  $q_5 \approx 1.6$ ,  $q_{10} \approx 1.25$ ,  $q_{20} \approx 1.12$ ,  $q_{40} \approx 1.06$ 。R80 称为补充系列(特殊场合应用)。其中, R5 中的项值包含在 R10 中, R10 中的项值包含在 R20 中, R20 中的项值包含在 R40 中, R40 中的项值包含在 R80 中。

表 1-1 列出了 1~10 范围内基本系列的常用值, 将表中的优先数乘以 10, 100, ..., 或乘以 0.1, 0.01, ..., 即可得到所有大于 10 或小于 0.1 的优先数。

国标规定的优先数系应用广泛, 本课程涉及的标准, 如尺寸分段、公差分级以及表面粗糙度的参数系列等, 基本采用优先数系。

表 1-1 优先数系的基本系列(常用值, GB/T 321-80)

R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00
			1.06
		1.12	1.12
			1.18
	1.25	1.25	1.25
			1.32
		1.40	1.40
			1.50
1.60	1.60	1.60	1.60
			1.70
		1.80	1.80
			1.90
	2.00	2.00	2.00
			2.12
		2.24	2.24
			2.36
2.50	2.50	2.50	2.50
			2.65
		2.80	2.80
			3.00
	3.15	3.15	3.15
			3.35
		3.55	3.55
			3.75

续表

R5	R10	R20	R40
4.00	4.00	4.00	4.00
			4.25
		4.50	4.50
			4.75
	5.00	5.00	5.00
			5.30
		5.60	5.60
			6.00
6.30	6.30	6.30	6.30
			6.70
		7.10	7.10
			7.50
	8.00	8.00	8.00
			8.50
		9.00	9.00
			9.50
10.00	10.00	10.00	10.00

### 第三节 本课程的任务

本课程是机械类各专业的主干技术基础课，是设计课程与加工编程、工艺课程的纽带，是从基础课到专业课的桥梁。本课程由几何量公差和几何量检测两部分组成。其中，前一部分内容通过教学和课内外作业来完成，后一部分由实验课来完成。

学生在学习本课程时，应该具有一定的理论知识和生产实践知识，能读懂图纸，并且懂得图样的标注，了解机械加工的一般知识。学生完成本课程的学习时应该达到下列要求。

- (1)掌握标准化和互换性的基本概念和相关术语、定义。
- (2)掌握几何量公差标注的主要内容、特点和应用原则。
- (3)初步学会根据零件功能要求，选用几何量公差与配合。
- (4)能够查用本课程介绍的表格，正确标注图样。

(5)熟悉各种几何量检测的常用方法，并学会选用常规计量器具，对数据进行数据处理和误差分析。

## 本章常用术语英汉对照

几何量公差	Tolerance of geometrical quantity
几何量检测	verification of geometrical quantity
互换性	interchangeability
标准化	standardization
标准	standard
技术标准	technical standard
优先数	preferred number
优先数系	series of preferred numbers

## 课后习题

1. 什么是互换性？互换性如何分类？
2. 完全互换与不完全互换有何区别？
3. 公差与互换性有什么关系？
4. 我国标准按照颁发级别不同有哪几类？其代号分别是什么？
5. ISO 和 IEC 的全称是什么？



## 第二章

# 测量技术概述

### 第一节 概 述

在实际生产中，加工完的零件的几何量参数(比如表面粗糙度、尺寸、形位公差等)需要经过测量和检验才能判断工件的合格性，进而实现互换性。

所谓测量，就是为确定被测几何量的量值而进行的实验过程。其实质是将被测几何量与作为计量单位的标准量进行比较，从而确定两者比值的过程。

在测量中，假设  $L$  为被测量值， $E$  为所采用的测量单位。那么，它们的比值为

$$q=L/E$$

推出

$$L=qE$$

上式表明，任何几何量都由两部分组成，即数值量和单位。例如， $L=200\text{mm}$ ，这里的数值量为 200，长度单位为 mm。

显然，对于任意一个被测对象而言，应该首先建立计量单位，然后要有与其相匹配的测量方法，在整个测量过程中应该达到一定的测量精度。因此，一个完整的测量过程包括：测量对象、计量单位、测量方法及测量精确度四大要素。

(1)测量对象：本课程主要指几何量，包括长度、角度、表面粗糙度以及形位误差等。

(2)计量单位：我国的基本测量制度是米制(即公制)。在长度计量中，基本单位为“米(m)”，“米”定义为光在真空中  $1/299\,792\,458$  秒内所行进的距离。其他的常用单位还有毫米(mm)和微米( $\mu\text{m}$ )。在角度测量中，以度、分、秒为单位。

(3)测量方法：是指在进行测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的综合。在实际应用中，测量方法通常指获得测量结果的方式，如用游标卡尺测量轴径的绝对测量方法，用机械比较仪和量块测量工件高度的相对测量方法。



(4)测量精度：用来表示测量结果的可靠程度(即测量结果与真实值的一致程度)，它的反义词为测量误差。在测量过程中，由于受各种因素的影响，不可避免地存在或大或小的测量误差。测量误差小，测量精度高；测量误差大，测量精度低。因此，不知测量误差大小的测量结果是没有意义的。

## 第二节 长度量值的传递

### 一、米的定义及其复现

在日常生活中，人们为估测长度或距离，习惯用手比一比或跨步量一量。据中国古书记载，“布指知寸，布手知尺，舒肘知寻，妇手为咫，人身为丈”，“举足为跬，倍跬为步，迈步为亩”。这里的寸、尺、寻、咫、丈、跬、步等，实际上就是长度计量单位。众多的计量单位直到公元前 221 年，秦始皇颁布“一法度衡石丈尺，车同轨，书同文”命令和诏书后才得以统一。我们的祖先早在汉朝就利用自然规律建立了度量衡标准，它们在原理上与米的现代定义相近，而在时间上却比西方早两千年，令世人惊叹不已。

米(m)是国际单位制中表示长度的基本单位。提高米的测量准确度，不仅对于物理学、天文学等基础学科有重要意义，而且也促进了大地测量、空间技术、纳米技术等的发展和进步。米的最初定义是由 1791 年法国国民代表大会确定的，一米等于地球子午线 1/4 长度的一千万分之一。“米”来源于古希腊文，意为度量。当时认为子午线长度是固定不变的，所以米以及由米确定的千克和升也固定不变，从而形成一种基于自然不变的“米制”。

根据度量子午线弧长的结果，用烧结铂制成了体现长度基准的米原器并保存在巴黎档案局，这就是最早的“档案米”(后来证明它的实际值比定义值短约 0.2 毫米)。国际计量局(BIPM)据此复制了 30 个铂(90%)铱(10%)合金制的 X 型线纹基准米原器。1889 年经第一届国际计量大会(CIPM)批准，从中选出了一个作为国际米原器，留出数个作为工作原器，而把其余的分发给米制公约成员国作为国家基准。这时的“米”被定义为：国际计量局保存的国际米原器上，两端刻画的中间刻线的轴线在 0℃ 时的距离。此定义实际上是由后来第 7 届国际计量大会在 1927 年认定的。到 20 世纪中叶，这个准确度已无法满足精密机械制造业和计量学发展的需要。于是有人提出用原子辐射波长值取而代之的建议，因为它是一种固定不变的自然基准。1975 年第 15 届国际计量大会提出，米定义可以通过光速表示，并认为光速值保持不变，对天文学和大地测量具有重要意义。这就是说，光速值不再是可测的量，而是固定不变的常数，长度则可以建立在光速为常数的基础上，通过时间或频率确定。1983 年第 17 届国际计量大会将米定义为：光在真空中在 1/299 792 458 秒时间间隔内所行进路径的长度。

### 二、长度尺寸传递系统

长度尺寸传递：目前，在实际工作中，仍然使用以下两种实体基准：线纹尺和量块，并用光波波长传递到基准线纹尺和一等量块，然后再由它们逐次传递到工件，以保证量值的准确一致。

端面长度量值检定系统：以量块作为标准器。利用端面长度国家基准中测量范围为