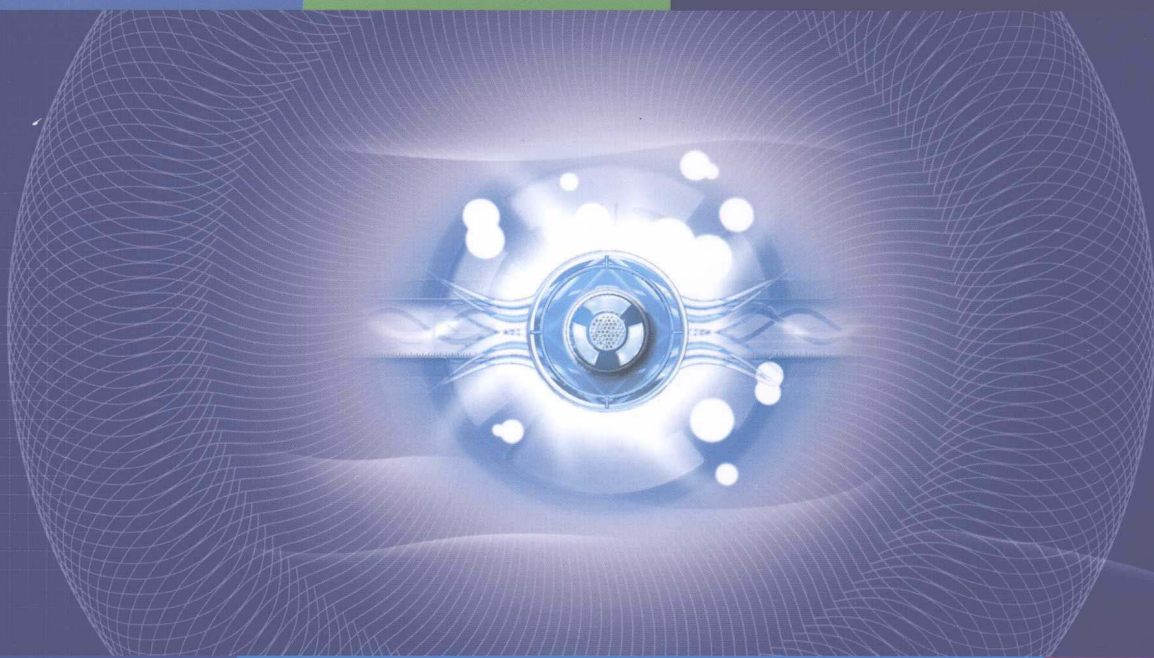




21世纪高职高专规划教材·机电类

互换性与测量技术基础

主编 马霄 主审 武良臣



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高职高专规划教材·机电类

互换性与测量技术基础

主 编 马 霄

主 审 武良臣

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书根据高等职业教育和高等专科学校教育要求编写而成,从互换性生产要求出发,介绍了几何量互换性的有关标准。编写过程中采用最新国家标准,并注意到必要的新旧标准的对照介绍;理论以必需够用为度,重点强化理论在工程实践中的应用;利于教学、便于自学。

全书共分11章。包括绪论、光滑圆柱体的极限与配合、形位公差及其误差检测、表面粗糙度及检测、测量技术基础、滚动轴承的互换性、键与花键连接的互换性及检测、螺纹的互换性及检测、圆锥的互换性及检测、圆柱齿轮传动的互换性及检测、尺寸链。各章酌量配制了一些公差表格,章后均有思考题和习题,以配合教学需要。

本书可供高等职业学校、高等专科学校、成人高校机械类各专业师生在教学中使用,也可供相关的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础/马霄主编. —北京:北京理工大学出版社, 2008.1

21世纪高职高专规划教材·机电类

ISBN 978-7-5640-1372-1

I. 互… II. 马… III. ①零部件-互换性-高等学校:技术学校-教材②零部件-测量-技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TC801

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第200796号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本/787毫米×960毫米 1/16

印 张/15.25

字 数/306千字

版 次/2008年1月第1版 2008年1月第1次印刷

印 数/1~4000册

定 价/25.00元

责任校对/陈玉梅

责任印制/吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

《互换性与测量技术基础》是高等工科院校机械类各专业的一门重要的技术基础课程，它主要包含几何量的精度设计和误差检测两方面的内容，涉及机械产品及其零件的设计、制造、维修、质量控制等多方面的问题，具有很强的综合性和实用性。

针对我国高等职业教育和高等专科学校教育的特点，为了培养符合生产一线需求的技术应用性人才，本书遵循理论教学以应用为主的原则，力求做到基本理论和基本概念以必需和够用为度，专业知识突出针对性、应用性和实用性。

在编写过程中，编者吸取了许多同类教材的优点，并结合教学及实践经验，对教材内容作了精心的选择和编排。全书采用了最新颁布的国家标准，尽量反映互换性与测量技术的最新理论，对于新旧标准正处于过渡阶段的内容，增加了新旧标准的比照，便于生产实践中的应用。

本书由河南机电高等专科学校马霄任主编。参加编写的有：河南机电高等专科学校马霄（第1章、第5章、第10章），苏文瑛（第2章），田长留（第3章1~4节、第3章思考题与习题），程雪莉（第4章），任泰安（第3章第5节、第6章、第7章、第9章），陈芳（第3章第6节、第11章），新乡市工业学校赵冬梅（第8章）。

本书由河南工业大学武良臣教授担任主审，在此表示衷心感谢。本书在编写过程中参考了大量文献，在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第1章 绪论	1
§ 1.1 互换性与公差	1
§ 1.2 标准化与优先数系	3
§ 1.3 测量技术及其发展	6
§ 1.4 本课程的性质与主要任务	7
思考题与习题	7
第2章 光滑圆柱体结合的极限与配合	8
§ 2.1 极限与配合的基本术语及定义	8
§ 2.2 极限与配合国家标准	15
§ 2.3 极限与配合的选用	29
§ 2.4 一般公差 线性尺寸的未注公差	40
思考题与习题	41
第3章 形位公差及其误差检测	43
§ 3.1 概述	43
§ 3.2 形状公差	49
§ 3.3 位置公差	53
§ 3.4 公差原则	62
§ 3.5 形位公差的选用	72
§ 3.6 形位误差的检测	82
思考题与习题	86
第4章 表面粗糙度及测量	89
§ 4.1 表面粗糙度对机械零件使用性能的影响	89
§ 4.2 表面粗糙度的国家标准	90
§ 4.3 表面粗糙度的选用	96

§ 4.4 表面粗糙度的符号、代号及图样标注	99
§ 4.5 表面粗糙度的检测	103
思考题与习题	105
第5章 测量技术基础	106
§ 5.1 技术测量的基本概念	106
§ 5.2 计量器具与测量方法	109
§ 5.3 测量误差和数据处理	112
§ 5.4 光滑工件尺寸的检验	120
§ 5.5 光滑极限量规	125
思考题与习题	132
第6章 滚动轴承的互换性	133
§ 6.1 滚动轴承的精度等级及应用	133
§ 6.2 滚动轴承的内径与外径的公差带及特点	134
§ 6.3 滚动轴承与轴和轴承座孔的配合及选用	136
思考题与习题	142
第7章 键与花键连接的互换性及检测	144
§ 7.1 单键连接的互换性及检测	144
§ 7.2 花键连接的互换性及检测	148
思考题与习题	153
第8章 螺纹的互换性及检测	154
§ 8.1 概述	154
§ 8.2 普通螺纹各参数误差对互换性的影响	157
§ 8.3 普通螺纹的公差与配合标准	160
§ 8.4 梯形螺纹公差	166
§ 8.5 螺纹的检测	172
思考题与习题	175
第9章 圆锥的互换性及检测	176
§ 9.1 概述	176
§ 9.2 圆锥几何参数误差对其配合的影响	178

§ 9.3 圆锥的公差与配合	179
§ 9.4 圆锥的检测	185
思考题与习题	186
第 10 章 圆柱齿轮传动的互换性及检测	187
§ 10.1 概述	187
§ 10.2 圆柱齿轮的误差评定参数及检测	190
§ 10.3 齿轮副的误差评定参数及检测	201
§ 10.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及应用	204
思考题与习题	220
第 11 章 尺寸链	223
§ 11.1 尺寸链的基本概念	223
§ 11.2 尺寸链计算	226
§ 11.3 解尺寸链的其他方法	232
思考题与习题	233
参考文献	234

第1章

绪论

§1.1 互换性与公差

一、互换性与公差的概念

互换性是指某一产品（包括零件、部件、构件）与另一产品在尺寸、功能上能够彼此互相替代的性能。互换性的概念在日常生活中随处可见。如灯泡坏了，可以换个新的；自行车上的零件坏了，也可以换个新的。之所以这样方便，是因为这些合格的产品和零部件具有互换性。现代化生产的产品，如汽车、手表、家用电器、机电设备等，在其装配过程中，相同规格的零部件可不经选择、修配或调整，就能装配成合格的产品，这种零部件便具有互换性。制造业中的互换性表现为机器上同一规格零部件相互之间可以替代并且能保证使用要求的一种特性。即装配前不需选择、装配时不需修配或调整、装配后能满足设计、使用和生产上的要求。能够保证产品具有互换性的生产，便称之为遵循互换性原则的生产。互换性不仅与零部件的装配性能有关，而且涉及设计、制造及使用等技术经济问题。

广义上讲，零部件的互换性应包括几何量、力学性能、物理化学性能等方面的互换性。本课程只讨论零部件几何量的互换性。

零件在加工过程中不可避免加工误差，因此加工后的一批同样规格的零件，实际的几何参数不可能完全一致。而从零件的使用功能看，也不必要求零件的几何量制造得绝对准确，只需要把加工后的零件的实际几何量控制在产品性能所允许的变动范围内，以保证同一规格零件彼此充分近似。这个几何量允许的变动范围叫做公差。为了实现零件的互换性，就要在零件的设计过程中提出公差要求。公差过大难以保证零件的互换性，而公差过小又会增加加工成本，而设计者的任务就是要正确地确定公差，并把它在图纸上明确地表达出来。

二、互换性的分类

互换性可以按照不同的方法分类。

1. 完全互换与不完全互换

按照零部件互换性的程度, 互换性可分为完全互换与不完全互换两类。

(1) 完全互换。完全互换指同一规格的零部件在装配或互换时, 不需要挑选和修配, 装配后就能满足使用要求的互换性。一般标准件, 如螺钉、螺母、滚动轴承的内、外圈、齿轮等都具有完全互换性, 适合专业化生产和装配。

(2) 不完全互换。不完全互换也称有限互换, 是指允许零部件在装配前预先分组或在装配时采用调整等措施。如产品装配精度要求较高时, 若采用完全互换, 则要求零件加工精度高, 会造成加工困难、成本高, 甚至无法加工。此时, 为了加工方便, 可放宽零件的加工要求, 待加工后, 将零件按尺寸大小分为若干组, 使每组零件之间的实际尺寸差别减小, 装配时则按相应组进行(如大孔配大轴)。如此, 既方便了加工, 又满足了装配精度和使用要求。滚动轴承的内外圈与滚珠间的互换性, 通常采用分组装备, 为不完全互换。又如减速器的端盖与箱体间的垫片厚度在装配时作调整, 使轴承的一端与端盖的底端之间预留适当的轴向间隙, 以补偿温度变化时轴的微量伸长, 从而避免轴在工作时弯曲。

2. 外互换与内互换

按照互换性用于标准部件或机构的内部和外部, 互换性可分为外互换与内互换两类。

(1) 外互换。外互换指部件或机构与其相配件之间的互换性。如滚动轴承内圈的内径与传动轴的配合, 外圈的外径与机座孔的配合。一般, 外互换用于厂外协作件的配合和使用中需要更换的零件及与标准件配合的零件。

(2) 内互换。内互换指部件或机构内部组成零件之间的互换性。如滚动轴承的内、外圈滚道直径和滚动体(滚珠或滚柱)直径间的配合。内互换一般装配精度要求高, 在厂内组装、使用中不再更换内部零件。

通常, 外互换采用完全互换, 而内互换由于组成零件的精度要求较高, 宜采用不完全互换。对于厂外协作件, 即使是单件或小批量生产也应采用完全互换; 对于部件或机构制造厂内部的装配应采用不完全互换。具体采用何种互换, 应由产品精度要求、复杂程度、工装设备、使用要求、技术水平等因素, 综合考虑设计确定。

三、互换性的作用

在制造业中, 互换性与设计、制造、使用等方面至关重要, 已成为制造业重要的生产原则和有效的技术措施。其重要作用表现在以下几个方面:

在设计方面, 设计者可以最大限度地选用具有互换性的标准件、通用件, 从而大大减少了设计过程中的设计、计算、制图等工作量, 也有利于设计人员集中精力从事更重要的工

作,这样能缩短设计周期,利于产品的更新换代,且便于计算机辅助设计(CAD)技术的应用。

在制造方面,零部件的互换性使得各个工件可同时分别加工,有利于组织大规模、专业化、分工合作生产,便于使用专用设备和计算机辅助制造(CAM)技术,以提高产品质量和生产率、降低制造成本。装配过程中,由于零部件具有互换性,可提高装配质量,缩短装配周期,便于实现装配自动化,提高装配生产率。

在维修方面,由于零部件具有互换性,若零部件损坏,可方便地用备件替换,可缩短修理时间,节约修理费用,提高修理质量,保持机器使用的连续性和持久性。尤其对重要大型技术装备和军用品的修复,具有互换性的零部件意义重大。

互换性在提高产品质量、可靠性,提高经济效益等方面具有重大意义,互换性原则已成为现代制造业中一个普遍遵守的原则。

§ 1.2 标准化与优先数系

现代制造业的特点是生产规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。如何协调各个生产环节,使分散的、局部的生产部门和生产环节保持技术统一,成为一个有机的生产系统,以实现互换性生产呢?标准和标准化正是实现这种功能的主要途径和手段。实行标准化是互换性生产的基础。

一、标准与标准化

1. 标准与标准化的概念

标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。“标准”即是一种“规定”,它的制订是以科学技术和生产经验的综合成果为基础,经有关部门协商一致,由主管机构批准,并以特定形式颁布,作为共同遵守的准则和依据。标准一经颁布,就是技术法规,具有法制性,不允许随意修改和拒不执行。

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,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。标准化工作包括制定和修订标准、颁布标准、组织实施标准和对标准的实施进行监督的全部活动。这个过程是不断循环而又不断提高其水平的过程。

机械制造业中的重复事物有很多,如零件的批量生产;某种零件在不同的产品中得到应用;设计中反复使用的图形、符号、概念、计算公式、计算方法等。

标准化是组织现代化生产的一个重要手段,是实现专业化协调生产的必要前提,是实现互换性生产的基础,同时也是联系产品设计、生产、使用等方面的纽带。标准化对于促进技术进步,改进产品质量,提高社会经济效益,发展对外经济关系具有重要意义。

2. 标准的分类

标准的种类繁多,从不同角度可对标准进行不同的分类,习惯上将标准分为三类:技术标准、管理标准和工作标准。本书仅介绍技术标准。所谓技术标准是指为科研、设计、制造、检验和工程技术、产品、技术设备等制定的标准。

我国技术标准有国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个层次。

(1) 国家标准(GB)。它是指对全国技术、经济发展有重大意义又必须制定的全国范围内统一的标准。如:要在全中国范围内统一的名词术语、基础标准,基本原材料、重要产品标准,基础互换性标准,通用零部件和通用产品的标准等。

(2) 行业标准(原部颁标准或行业标准)。它主要是指还没有国家标准,而又需要在全国某行业范围内统一的标准。如原石油工业部的石油标准(SY)、原机械工业部的机械标准(JB)、原轻工业部的轻工标准(QB)等。一旦有了国家标准,该项行业标准即行废止。

(3) 地方标准。它是指省、直辖市、自治区制定的各种技术经济规定。例如“沪Q”、“京Q”,表示上海、北京的地方企业标准。

(4) 企业标准。对企业生产的产品,在未制定国家标准、行业标准的情况下,应制定企业标准作为组织生产的依据。通常鼓励企业标准严于国家标准或行业标准,以提高企业的产品质量。

为了便于国际间的交流,扩大文化、科学技术和经济上的合作,在世界范围内促成标准化工作的开展,1947年国际上成立了国际标准化组织(简称ISO),其主要活动是负责制定国际标准、协调世界范围内的标准化工作与传播交流信息,与其他国际组织合作,共同研究相关问题,其成员国已包括了全世界大多数国家,我国也于1978年恢复参加了ISO组织。一般来说,国际标准集中反映了世界上最先进的科学技术水平。为便于国际间技术、经济的交流和贸易,各国都应尽可能参照国际标准并结合本国实际情况来制定和修订本国的国家标准。

在互换性标准方面,我国从1959年开始,陆续制定了公差与配合、形位公差、公差原则,表面粗糙度、普通螺纹、平键、矩形花键、渐开线圆柱齿轮精度等一系列标准。随着生产的不断发展,从20世纪80年代开始,参照国际标准,我国对互换性标准进行了较大范围的修订。这些标准是机械制造业中产品设计、工艺设计、组织生产以及产品质量检验的重要依据,其应用广泛,影响深远。

二、标准化过程中应用的优先数和优先数系

在设计机械产品和制定标准的过程中,产品的性能参数、尺寸规格参数等都要通过数值表达。而产品的数值具有扩散传播性。例如,复印机的规格和复印纸的尺寸有关,复印纸的尺寸则取决于书刊杂志的尺寸,而复印机的尺寸影响造纸机械的尺寸。又如,某一尺寸的螺栓会扩散传播出螺母尺寸、制造螺栓的刀具(丝锥、板牙、滚丝轮等)尺寸、检验螺栓的

量具尺寸等。由此可见,工程技术中的参数数值,即使是很小的差别,经过反复传播,也会造成尺寸规格的繁杂,直接影响生产过程和产品质量。因此技术参数数值的选取不可随意,生产实践表明,采用优先数和优先数系,可以对产品的技术参数进行合理地简化和分级。

优先数和优先数系是工程上对技术参数予以简化、协调、统一的一种科学的数值制度,它适合各种数值的分级,也是国际上统一的数值分级制度。优先数系分档合理,简单易记,有利于简化统一,便于插入和延伸,计算方便,适用性广。采用优先数系可使制造业以较少、合理的产品品种和规格,经济而合理地满足用户的各种要求,而且也适宜制定标准以及标准制定前的规划、设计等工作。从而引导产品品种的发展进入科学的标准化轨道。

目前,我国国家标准(GB/T 321—1980)《优先数和优先数系》规定十进制等比数列为优先数系,并规定了五个优先数系,分别用符号 R5、R10、R20、R40、和 R80 表示。其中,前四个数系为基本系列,最后一个为补充系列(仅在参数分级很细,基本系列不能适应实际需要时,才考虑采用)。优先数系是十进等比数列,其中包含 10 的所有整数幂(……0.1, 1, 10, 100, 1 000……)。只要知道一个十进段内的优先数值,其他十进段内的优先数值就可通过乘以或除以 10 的倍数而获得。这样,对简化工程计算有利。

标准中规定的五种优先数系的公比及常用数值见表 1-1。

表 1-1 优先数系基本系列的公比及常用数值 (R80 略)

基本系列	公比	1 ~ 10 的优先数值											
R5	$\sqrt[5]{10} \approx 1.60$	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30	10.00						
R10	$\sqrt[10]{10} \approx 1.25$	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00	
R20	$\sqrt[20]{10} \approx 1.12$	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	10.00			
R40	$\sqrt[40]{10} \approx 1.06$	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	10.00							

优先数系的理论值大多数为无理数,应用时要加以圆整。在产品设计时对主要尺寸和参数必须采用优先数。通常,机械产品的主要参数按 R5 和 R10 系列取值;专用工具的主要尺寸按 R10 系列取值;通用零件和工具及通用型材的尺寸等按 R20 系列取值。

此外,由于生产的需要,优先数系还有派生系列和复合系列。前者指从某系列中按一定项差取值可构成的系列,如 R10/3 系列,即在 R10 系列中按每隔三项取一项的数列,其公比为 $R10/3 = (\sqrt[10]{10})^3 = 2$, 如 1、2、4、8…; 1.25、2.5、5、10…等。后者是指由若干等比系列混合构成的多公比系列,如 10、16、25、35.5、50、71、100、125、160 数列,分别由 R5、R20/3 和 R10 三种系列的混合系列。例如,在表面粗糙度标准中规定的取样长度分段

就是采用 R10 系列的派生数系 R10/5, 即 0.08、0.25、0.8、2.5、8.0、25。

§ 1.3 测量技术及其发展

一、几何量测量的重要意义

几何量的测量和检验是实现互换性必不可少的重要措施。按照公差标准进行正确的精度设计, 只是实现互换性的前提条件。要想把设计要求转换为现实, 除了选用合适的加工设备和加工方法外, 还必须要进行测量和检验, 要按照公差标准和检测技术要求对零部件的几何量进行检测, 使那些不符合公差要求的零部件作为不合格品而被淘汰。否则设计的精度要求形同虚设, 不能发挥作用。由此可见, 检测工作是不可缺少和非常重要的。没有检测, 互换性生产就得不到保证, 公差要求也变成了空洞的设想。实际上, 任何一项公差要求都要有相应的检测手段相配合。这就是说, 规定公差和进行检测是保证机械产品质量和实现互换性生产的两个必不可少的条件。

当然测量与检验的目的不仅仅在于判断工件合格与否, 还可以根据检测的结果, 分析产生废品的原因, 以便采取措施积极预防, 减少和防止废品的产生。

二、测量技术的发展概况

在我国悠久的历史上, 很早就有关于几何量检测的记载。早在商朝, 我国就有了象牙制成的尺, 秦朝就已经统一了度量衡制度, 西汉已有了铜制卡尺。但长期的封建统治, 使得科学技术未能进一步发展, 旧中国的检测技术和计量器具一直处于落后状态。

新中国成立后, 政府十分重视检测技术的发展。大力建设和加强计量制度, 先后颁布了《中华人民共和国计量管理条例》、《中华人民共和国计量法》等。同时, 在计量科学研究和计量管理方面, 国家投入大量的人力和物力, 成立了完整的计量研究、制造、管理、鉴定、测量体系, 并取得了令人瞩目的成绩。

我国的计量器具制造业也得到了较大的发展。随着科技和工业生产的发展, 现在我国已拥有了一批骨干量仪制造厂, 生产了大量的品种繁多的计量仪器应用于几何量的测量工作, 如工具显微镜、干涉显微镜、三坐标测量仪、齿轮单啮仪、电动轮廓仪、接触式干涉仪、双管显微镜、立式光学比较仪等仪器。

经过几十年的努力, 我国的测量仪器和检测手段已达到国际先进水平。全国建立了统一的量值传递系统, 我国生产研制的部分计量仪器已达到世界先进水平, 如激光光电比长仪、激光丝杠动态检查仪、三坐标测量仪、无导轨大长度测量仪等。测量技术的发展不仅促进了机械制造业的发展, 也促进了其他工业和科技领域的发展。

§ 1.4 本课程的性质与主要任务

本课程是机械类各专业的一门重要技术基础课程,是联系机械设计课程与机械制造工艺课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。本课程主要包括精度设计与几何量检测两部分内容。

任何机械产品的设计,除了运动分析、结构设计、强度和刚度的计算以外,还有精度设计。产品的精度直接影响其工作性能、振动、噪声、寿命和可靠性。精度设计应处理好产品的使用要求与制造成本的矛盾,解决方法是要给出合理的公差,将各种误差(尺寸误差、形状误差、位置误差等)限定在一定的范围之内。而零件加工后是否符合精度要求,只有通过检测才知道。所以检测是精度要求的技术保证。

学生学习本课程时,应具有一定的理论知识和生产实践知识。通过本课程的学习,应具备有关精度设计和几何量检测的基础理论知识与基本技能。

思考题与习题

- 1.1 试述互换性的含义及作用,并列举互换性的应用实例。
- 1.2 试述完全互换和不完全互换的含义和应用场合。
- 1.3 试述标准的种类、标准化的意义及制订公差标准的意义。
- 1.4 试述优先数系的优点。我国国家标准中规定的优先数系有哪些?其数值组成特点是什么?
- 1.5 试述在机械制造过程中进行检测的重要性。

第2章

光滑圆柱体结合的极限与配合

圆柱体结合是机械制造中应用最广泛的结合形式之一。为了使机械零件具有互换性，零件的尺寸、几何形状、相互位置以及表面粗糙度等都要求具有一致性。就尺寸而言，互换性要求的尺寸一致性，是指要求尺寸在某一合理的范围之内。这个范围既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的关系，以满足不同的使用要求，又要在制造上是经济合理的，因此就形成了“极限与配合”的概念。“极限”用于协调零件的使用要求和制造经济性之间的矛盾；而“配合”则反映零件组合时相互之间的关系。经标准化之后的极限与配合制度，有利于机器的设计、制造、使用和维修，有利于保证产品精度、使用性能和寿命等各项使用要求，也有利于刀具、量具、夹具和机床等工艺装备的标准化。

本章主要阐述极限与配合国家标准的基本概念、主要内容和应用。

§ 2.1 极限与配合的基本术语及定义

一、有关孔和轴的定义

孔：通常指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面（两平行平面或切面形成的包容面）。

轴：通常指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面（两平行平面或切面形成的被包容面）。

从装配关系讲，孔是包容面，轴是被包容面。从加工过程看，随着余量的切除，孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小。例如，键联结中键槽和键的配合表面分别为内表面和外表面，即键宽度表面相当于轴，轮毂键槽宽度和轴键槽宽度表面相当于孔。

在极限与配合标准中孔和轴都是由单一的主要尺寸确定的，如图 2-1 所示。

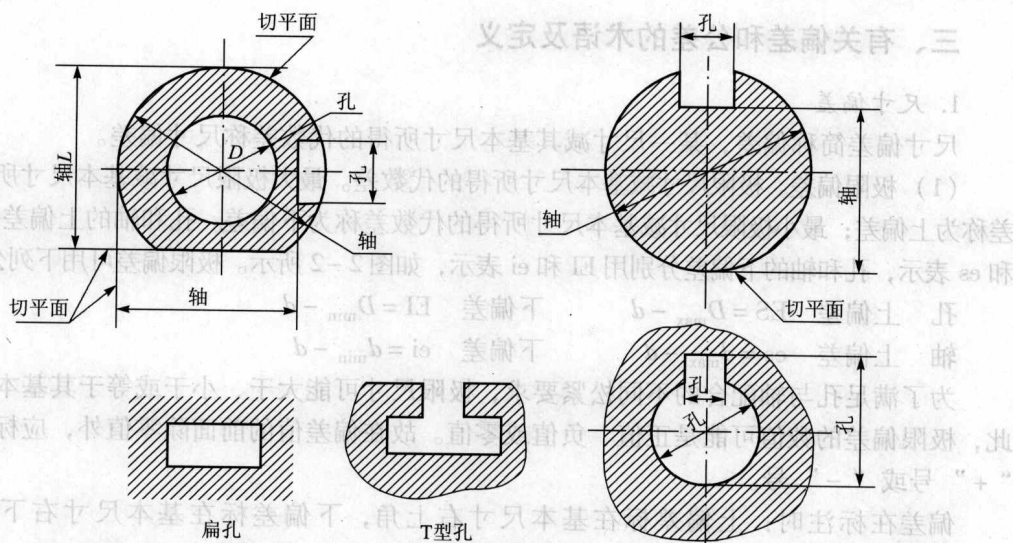


图 2-1 孔与轴

二、有关尺寸的定义

1. 尺寸

用特定单位表示线性尺寸的数值，由数字和长度单位组成，如 20 mm、40 μm 。

2. 基本尺寸（孔 D ；轴 d ）

设计给定的尺寸。它是根据零件的使用要求进行计算或根据实验和经验而确定的，一般应符合标准尺寸系列，以减少定值刀具、量具的规格和数量。通过基本尺寸并应用上、下偏差可算出极限尺寸。

3. 实际尺寸（孔 D_a ；轴 d_a ）

通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。由于被测表面存在形状误差，所以被测表面不同部位的实际尺寸不尽相同。另外，由于有测量误差，所以通过测量所得到的实际尺寸并非真实尺寸。

4. 极限尺寸（孔 $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$ ；轴 $d_{\max}$ 、 $d_{\min}$ ）

一个孔或轴允许尺寸的两个界限值，其中，值较大的一个称为最大极限尺寸，值较小的一个称为最小极限尺寸。孔和轴的最大极限尺寸分别用符号 $D_{\max}$ 和 $d_{\max}$ 表示，孔和轴的最小极限尺寸分别用符号 $D_{\min}$ 和 $d_{\min}$ 表示。

上述尺寸中极限尺寸是以基本尺寸为基数来确定的，极限尺寸用于控制实际尺寸的变动范围。基本尺寸、极限尺寸是设计时给定的尺寸。

三、有关偏差和公差术语及定义

1. 尺寸偏差

尺寸偏差简称偏差，某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称尺寸偏差。

(1) 极限偏差。极限尺寸减基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减基本尺寸所得的代数差称为上偏差；最小极限尺寸减基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔的上偏差分别用 ES 和 es 表示，孔的下偏差分别用 EI 和 ei 表示，如图 2-2 所示。极限偏差可用下列公式计算：

$$\text{孔 上偏差 } ES = D_{\max} - d \quad \text{下偏差 } EI = D_{\min} - d$$

$$\text{轴 上偏差 } es = d_{\max} - d \quad \text{下偏差 } ei = d_{\min} - d$$

为了满足孔与轴配合的不同松紧要求，极限尺寸可能大于、小于或等于其基本尺寸。因此，极限偏差的数值可能是正值、负值或零值。故在偏差值的前面除零值外，应标上相应的“+”号或“-”号。

偏差在标注时：上偏差标在基本尺寸右上角，下偏差标在基本尺寸右下角。例如 $\phi 25 \begin{smallmatrix} -0.020 \\ -0.033 \end{smallmatrix}$ 表示基本尺寸为 25 mm，上偏差为 -0.020 mm，下偏差为 -0.033 mm。

(2) 实际偏差。实际尺寸减去基本尺寸所得的代数差。实际偏差应控制在极限偏差范围之内。

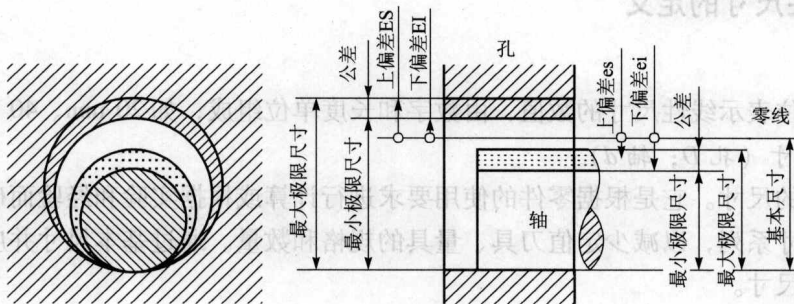


图 2-2 尺寸、偏差与公差

2. 尺寸公差

尺寸公差简称公差，它指的是允许尺寸的变动量。公差是用来限制误差的，工件的误差在公差范围内，为合格件；超出了公差范围，为不合格件。

公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸代数差的绝对值；也等于上偏差与下偏差的代数差的绝对值。

$$\text{孔的公差 } T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \quad (2-1)$$

$$\text{轴的公差 } T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (2-2)$$

3. 零线与公差带

孔、轴的偏差、公差与基本尺寸的关系可以用公差带图表示。公差带图中有一条零线和