

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十三五”规划教材

互换性与技术测量

◎主 编 茅 健

◎副主编 周玉凤 徐旭松

HUHUAXING YU JISHU
CELIANG



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十三五”规划教材

互换性与技术测量

主 编 茅 健

副主编 周玉凤 徐旭松



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书按照教学规律阐述了机械零部件的互换性和检测技术的基础知识,介绍了几种典型零件公差与配合的基本原理和方法以及国家标准在设计中的应用。全书共分10章,第1章阐述了互换性的基本概念,第2~4章阐述了极限与配合、几何公差、表面结构等机械零件公差与配合的基础知识,第5~8章阐述了滚动轴承、键与花键、圆柱齿轮和螺纹等典型零件的精度设计基础知识,第9~10章阐述了几何量测量的基础知识及光滑极限量规的精度设计。本书各章附有相关的复习与思考,以配合教学的需要,也便于读者自学。

本书内容新颖,实用性强,适用于高等工科院校机械类和近机械类等专业的课程教学,也可供从事机械设计、制造、标准化和计量测试等工作的各类工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/茅健主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.4

高等学校机械设计制造及自动化专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4388-5

I. ①互… II. ①茅… III. ①零部件—互换性 ②零部件—测量技术 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 065764 号

策 划 马乐惠

责任编辑 孙美菊 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2017年4月第1版 2017年4月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 13.375

字 数 313千字

印 数 1~3000册

定 价 26.00元

ISBN 978-7-5606-4388-5/TG

XDUP 4680001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

“互换性与技术测量”是机械类专业本科学生的主干专业必修课，起着联系机械设计类与制造工艺类课程的纽带作用。本课程的主要内容为产品机械精度设计原则与方法及测量技术，涉及产品的设计、制造、检测等方面，具有学科交叉性强、实践性强、综合应用性强的特点。

本书共分为 10 章，主要围绕公差配合(第 1~8 章)与技术测量(第 9~10 章)两个方面展开，采用最新颁布的国家标准，结合了编者多年的实践经验和教学心得，并参考了许多同类教材编写而成。本书适用面广，教师可根据具体情况进行教学内容的取舍。

本书公差配合部分的描述依据教学大纲的基本要求，侧重于阐述和解释国家工业基础标准以及标准的应用，力求语言简练，条理清楚，同时较详细地阐述了各种测量方法和测量器具，并给出了大量的应用实例，尽可能做到理论与实际相结合。全书各章后均设置了复习与思考，配合教学需要，有助于学生掌握机械工程中的精度设计问题，也便于读者自学。

本书由茅健担任主编，周玉凤和徐旭松担任副主编。茅健编写第 1~2 章、第 9~10 章，周玉凤编写第 3~6 章，徐旭松编写第 7~8 章。

由于编者水平和时间有限，书中难免存在不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2016 年 11 月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.6.2 线性尺寸的一般公差	35
1.1 互换性概述	1	2.7 极限与配合的选用	35
1.1.1 互换性的概念	1	2.7.1 配合基准制的选择	36
1.1.2 互换性的分类及其在 机械制造中的作用	1	2.7.2 公差等级的选择	37
1.1.3 实现互换性的条件	2	2.7.3 配合性质的选择	38
1.2 标准与标准化	3	复习与思考	47
1.2.1 标准的级别	3	第 3 章 几何公差	50
1.2.2 标准的种类	4	3.1 概述	50
1.3 优先数和优先数系	4	3.1.1 几何公差的研究对象	50
1.4 测量技术的重要性	7	3.1.2 几何公差的特征(项目)与符号	51
1.5 本课程的性质与任务	7	3.1.3 基准	52
复习与思考	7	3.1.4 几何公差带的概念	53
第 2 章 极限与配合	9	3.2 几何公差的标注方法	54
2.1 几何参数误差的种类	9	3.2.1 几何公差的代号	54
2.2 基本术语和定义	9	3.2.2 被测要素的标注方法	55
2.2.1 有关要素的术语和定义	9	3.2.3 基准要素的标注方法	57
2.2.2 孔与轴的定义	10	3.3 几何公差带	58
2.2.3 有关尺寸的术语和定义	10	3.3.1 形状公差带	58
2.2.4 有关偏差、公差的术语和定义	11	3.3.2 轮廓公差带	60
2.2.5 有关配合的术语和定义	14	3.3.3 方向公差带	62
2.3 公称尺寸至 3150 mm 的标准公差和 基本偏差	17	3.3.4 位置公差带	64
2.3.1 标准公差	17	3.3.5 跳动公差带	66
2.3.2 基本偏差	22	3.4 公差原则	68
2.4 公差带和配合的表示方法及其 图样标注	30	3.4.1 独立原则	68
2.4.1 公差带和配合的表示法	30	3.4.2 相关要求	68
2.4.2 公差带和极限偏差在 零件图中的标注	31	3.5 几何公差的选择	77
2.4.3 配合在装配图中的标注	31	3.5.1 几何公差项目的选择	78
2.5 一般、常用和优先的公差带与配合	32	3.5.2 基准的选择	78
2.5.1 一般、常用和优先的公差带	32	3.5.3 几何公差值的选择	79
2.5.2 常用和优先配合	33	3.5.4 公差原则的选择	83
2.6 线性尺寸的一般公差	35	3.6 几何公差未注公差值的规定	84
2.6.1 一般公差的概念	35	复习与思考	86
		第 4 章 表面结构	89
		4.1 概述	89
		4.2 表面粗糙度的概念	90

4.2.1 表面粗糙度的定义	90
4.2.2 表面粗糙度对零件 机械性能的影响	90
4.3 表面粗糙度的评定	91
4.3.1 基本术语	91
4.3.2 评定参数	94
4.4 表面粗糙度的选用	96
4.4.1 评定参数的选用	96
4.4.2 评定参数值的选择	96
4.5 表面粗糙度的标注	100
4.5.1 表面粗糙度的符号	100
4.5.2 各项参数、符号的注写位置	100
4.5.3 表面粗糙度的标注 方法及实例	102
复习与思考	104

第5章 滚动轴承的公差与配合	106
5.1 概述	106
5.1.1 滚动轴承的组成和类型	106
5.1.2 滚动轴承的安装形式	107
5.2 滚动轴承的精度等级及应用	107
5.3 滚动轴承内径与外径的 公差带及其特点	108
5.4 滚动轴承与轴和壳体的配合	111
5.4.1 轴颈和外壳孔的公差带	111
5.4.2 滚动轴承配合的选择	112
5.5 配合表面及端面的形位公差和 表面粗糙度	118
复习与思考	119

第6章 键和花键的公差与配合	121
6.1 平键公差与配合	121
6.1.1 平键和键槽配合尺寸的 公差带与配合种类	122
6.1.2 平键和键槽非配合尺寸的 公差带	123
6.1.3 键槽的形位公差	123
6.1.4 平键和键槽的表面粗糙度	124
6.1.5 键槽尺寸和公差在 图样上的标注	124
6.2 矩形花键	124
6.2.1 矩形花键的基本尺寸	124

6.2.2 矩形花键联接的几何参数和 定心方式	125
6.2.3 矩形花键联接的公差与配合	126
6.2.4 矩形花键联接的形位公差和 表面粗糙度	127
6.2.5 矩形花键联接的标记	129
复习与思考	129

第7章 圆柱齿轮的公差与 配合应用	131
7.1 齿轮传动的使用要求	131
7.2 齿轮的加工误差	132
7.3 圆柱齿轮传动精度的评定指标	135
7.3.1 传递运动准确性的评定指标	135
7.3.2 传动平稳性的评定指标	141
7.3.3 载荷分布均匀性的检测项目	146
7.3.4 影响侧隙的单个齿轮 因素及其检测	147
7.4 齿轮副精度的评定指标	149
7.5 图样标注	151
7.6 圆柱齿轮传动精度的设计	151
7.6.1 圆柱齿轮精度等级的确定	152
7.6.2 齿轮误差检验组的选择	155
7.6.3 齿轮副精度的设计	155
7.6.4 齿坯精度和齿轮各表面粗糙度	157
复习与思考	158

第8章 螺纹的公差与检测	160
8.1 螺纹结合的使用要求和几何参数	160
8.1.1 螺纹的种类和使用要求	160
8.1.2 普通螺纹的基本牙型	160
8.1.3 普通螺纹的主要几何参数	160
8.2 影响螺纹互换性的主要误差	164
8.2.1 中径偏差的影响	164
8.2.2 螺距误差的影响	164
8.2.3 牙侧角偏差的影响	165
8.2.4 螺纹的作用中径和合格条件	166
8.3 普通螺纹的公差与配合	167
8.3.1 螺纹的公差带	167
8.3.2 普通螺纹的旋合长度与 公差精度等级	171

8.3.3 普通螺纹公差和配合的选用	171	9.3.1 测量器具	183
8.3.4 螺纹的其他技术要求	172	9.3.2 测量方法	184
8.3.5 普通螺纹的标记	172	9.3.3 度量指标	185
8.4 梯形丝杠和螺母的精度与公差	173	9.4 测量误差及数据处理	186
8.4.1 丝杠和螺母的精度等级	174	9.4.1 测量误差与精度	186
8.4.2 丝杠公差	174	9.4.2 各类测量误差的处理	189
8.4.3 螺母螺纹公差	176	9.4.3 测量结果的数据处理	193
8.4.4 丝杠和螺母螺纹的标记	176	复习与思考	196
8.5 普通螺纹的检测	176	第 10 章 光滑极限量规	198
8.5.1 综合检验	176	10.1 光滑极限量规的作用与分类	198
8.5.2 单项测量	177	10.2 光滑极限量规的公差	199
复习与思考	179	10.3 量规设计	201
第 9 章 几何量的测量	180	10.3.1 量规形式的选择	201
9.1 概述	180	10.3.2 量规极限尺寸的计算	202
9.1.1 测量的基本概念	180	10.3.3 量规的技术要求	203
9.1.2 基准与量值传递	180	复习与思考	204
9.2 量块的基础知识	181	参考文献	205
9.2.1 量块的分级	182		
9.2.2 量块的分等	183		
9.3 测量器具的测量方法	183		

第1章 绪 论

1.1 互 换 性 概 述

1.1.1 互换性的概念

在工业及日常生活中经常会遇到这样的现象,如机器上丢了一个螺丝,按相同的规格购买一个,装上即可;灯泡坏了,可以更换一个新的;自行车、手表上的零部件磨损了,换一个相同规格的新的零部件,即能满足使用要求。这些现象说明零部件具有互换性。

零部件的互换性(interchangeability)是指同一规格的零部件按照规定的技术要求(几何、物理及其他质量参数)制造,能够彼此相互替换使用而效果相同的性能。互换性体现了产品生产的三个过程:零部件在制造时按同一尺寸规格要求,装配时不需要选择或附加修配,装配成机器后能保证预定的使用性能。具有这样性质的零部件称为具有互换性的零部件。

1.1.2 互换性的分类及其在机械制造中的作用

1. 互换性的分类

(1) 按互换参数的范围,互换性可分为几何参数互换性与功能互换性。

几何参数互换性主要是保证零部件的几何参数达到结合的要求,其中几何参数主要指尺寸大小、几何形状(包括宏观与微观的几何形状)以及相互的位置关系等。功能互换性应保证使用要求,除了对零部件的几何参数要求外,还对零部件的机械、物理、化学等性能方面的参数提出要求,如硬度、强度等。几何参数互换性被称为狭义互换性,而功能互换性被称为广义互换性,本书只讨论几何参数互换性。

(2) 按互换程度,互换性可分为完全互换性与不完全互换性。

完全互换性不限定互换范围,指零部件装配或更换时,无需挑选、辅助加工或修配就能顺利安装在机器上并能满足使用要求。如常见的螺栓、螺母、滚动轴承等标准件都具有完全互换性。在大批量生产方式中,往往采用完全互换。

不完全互换性又称为有限互换。在装配精度要求很高时,若采用完全互换将要求零件的制造公差很小,导致加工困难、制造成本高,甚至无法加工,因此必须采用不完全互换进行生产。为此,生产中往往把有关零件的精度适当降低,以便于制造;然后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;最后,把相应的零件进行装配,以保证使用要求。此法也称为分组互换法。

装配时允许用机械加工或钳工修刮等办法来获得所需的精度,称为修配法。用移动或

更换某些零件以改变其位置和尺寸来达到所需精度的方法,称为调整法。

(3) 对于标准部件或机构来讲,互换性又可分为内互换与外互换。

内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换性,如滚动轴承内、外圈滚道直径与滚珠直径的装配。

外互换是指部件或机构与外部配件之间的互换性,如滚动轴承中的内圈与轴的配合,外圈与壳体孔之间的配合。

为了方便,滚动轴承的外互换为完全互换;其内互换因组成零件的精度要求高,加工困难,故采用分组装配,为不完全互换。

一般而言,不完全互换只限于部件或机构制造厂内部的装配。至于厂外协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。采用完全互换、不完全互换或者修配,要由产品精度要求与复杂程度、产量大小、生产设备和技术水平等一系列因素决定。

2. 互换性在机械制造中的作用

(1) 在设计方面,最大限度采用具有互换性的标准化零部件,可大大简化绘图和计算工作,缩短设计周期,同时便于实现计算机辅助设计。

(2) 在制造和装配方面,零件具有互换性,可以采用分散加工,集中装配,有利于厂际合作,也有利于组织专业化生产,采用先进工艺和高效率的专用设备,提高生产效率。

(3) 在使用与维修方面,可以减少机器的维修时间和费用,保证机器能连续持久地运转,提高机器的使用寿命。

总之,互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面均具有重大意义。遵循互换性原则进行设计、制造和使用,可大大降低产品成本,提高生产率,降低劳动强度,同时也为标准化、系列化、通用化奠定了基础。所以,互换性原则是机械工业中的重要原则,是我们设计、制造中必须遵循的原则。

1.1.3 实现互换性的条件

要保证零件具有互换性,就必须保证零件几何参数的准确性。是否需要使同一规格的零件的几何参数完全一致呢?事实上这不但可能,而且也没必要。由于加工过程中各种因素的影响,制得的零件的几何参数总是不可避免地会偏离设计的理想要求,产生误差,使加工后零件的几何参数与理想值不完全一致,其差别称为加工误差,也可称为几何参数误差。

零件具有几何参数误差后能否保证互换性?虽然零件的几何参数误差可能影响零件的使用性能,但只要零件的几何参数在规定的范围内变动,保证零件充分近似,就能满足互换的目的。要使零件具有互换性,就应按公差制造。公差是指由设计人员给定的允许零件的最大误差,即允许零件几何参数的变动范围。

因此,要使零件具有互换性,就应把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。设计者的任务就是正确地确定公差,并把它在图样上明确地表示出来。显然,在满足功能要求的条件下,公差应尽量规定得大一些,以获得最佳的技术经济效益。

1.2 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。

标准(standard)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。标准在一定范围内具有约束力。

标准制定的对象是重复性事物和概念,这里讲的“重复性”指的是同一事物或概念反复多次出现的性质。例如,批量生产的产品在生产过程中的重复投入、重复加工、重复检验等,同一类技术管理活动中反复出现的同一概念的术语、符号、代号等。

标准化(standardization)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制定、发布、实施统一规定的全部活动过程。标准化是以标准形式体现的一个不断循环、不断提高的过程。标准化是组织现代化生产的重要手段之一,是实现专业化生产的必要前提,是科学管理的重要组成部分。

1.2.1 标准的级别

依据《中华人民共和国标准化法》规定,我国的标准级别分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级,下一级标准不得与上级标准的有关内容相抵触。国家标准、行业标准均可分为强制性和推荐性两种属性的标准,推荐性标准又叫非强制性标准。

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属于强制性标准;其他标准是推荐性标准。省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定的工业产品安全、卫生要求等地方标准,在本地区域内是强制性标准。

推荐性国家标准的代号为 GB/T,强制性国家标准的代号为 GB。行业标准中的推荐性标准是在行业标准代号后加 T,如 JB/T 即机械行业推荐性标准,不加 T 即为强制性行业标准。

1. 国家标准

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编制计划和组织草拟,并统一审批、编号、发布。国家标准的代号为 GB。

2. 行业标准

对没有国家标准但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,作为对国家标准的补充。当相应的国家标准实施后,该行业标准应自行废止。行业标准的代号有多种,如 JB 为原机械工业部标准, YB 为原冶金工业部标准, HB 为原航天工业部标准。

3. 地方标准

对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的要求，可以制定地方标准，如：① 工业产品的安全、卫生要求；② 药品、兽药、食品卫生、环境保护、节约能源、种子等法律、法规规定的要求；③ 其他法律、法规规定的要求。

4. 企业标准

企业标准是对企业范围内需要协调、统一的技术要求、管理要求和工作要求所制定的标准。企业标准的代号为 QB。

此外，为适应某些领域标准快速发展和快速变化的需要，于 1998 年规定的四级标准之外，增加了一种国家标准化指导性技术文件，作为对国家标准的补充，其代号为 GB/Z。

从世界范围看，更高级别的标准还有国际标准和区域标准，国际标准是由国际标准化组织 (ISO) 或国际电工委员会 (IEC) 制定的标准；区域标准 (或国家集团标准) 是由某个国家或某个国家集团制定的标准，如分别由欧共体 (EN)、非洲地区 (ARS) 和阿拉伯标准化与计量组织 (ASMO) 制定的标准等。

1.2.2 标准的种类

通常按标准的专业性质，将标准划分为技术标准、管理标准和工作标准三大类。

1. 技术标准

对标准化领域中需要统一的技术事项所制定的标准称为技术标准。技术标准是一个大类，可进一步分为基础标准、产品标准、工艺标准、检验和试验方法标准、设备标准、原材料标准、安全标准、环境保护标准、卫生标准等。其中的每一类还可进一步细分，如基础标准还可再分为术语标准、图形符号标准、数系标准、公差标准、环境条件标准、技术通则性标准等。

本书主要涉及的是基础标准，它是指在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用，具有广泛指导意义的标准。在下面的章节中将介绍《公差与配合》、《形状和位置公差》、《表面粗糙度》等国家标准。

2. 管理标准

对标准化领域中需要协调统一的管理事项所制定的标准叫管理标准。管理标准主要是对管理目标、管理项目、管理业务、管理程序、管理方法和管理组织所作的规定。

3. 工作标准

为实现工作 (活动) 过程的协调，提高工作质量和工作效率，对每个职能和岗位的工作制定的标准叫工作标准。

1.3 优先数和优先数系

公差标准以及零件的结构参数都需要通过数值表示。产品的参数值不仅与自身的技术特性有关，还直接或间接地影响与其配套系列产品的参数值。如螺母直径的数值影响并决定螺钉的直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等系列产品的直径数值。由于参数值间的关

联产生的扩散称为数值扩散。

为满足不同的需求,产品必然出现不同的规格。但产品规格的杂乱无章会给组织生产、协作配套、使用维修带来困难,故需对相关数值进行标准化。优先数(preferred numbers)就是对各种技术参数进行简化、协调和统一的一种科学的数值制度,是一种无量纲的分级数系,适用于各种量值的分级。它又是十进制几何级数,对于标准化对象的简化和协调起着重要的作用。因此,它更是国际上一项统一的重要基础标准。

19世纪末,法国的雷诺(C. Renard)为了对气球上使用的绳索规格进行简化,每进5项值增大10倍(十进制几何级数),用以对绳索尺寸系列进行分级,结果把425种规格简化成17种,简化后形成的尺寸规格系列相当于现今优先数中的R5、R10、R20和R40等系列。为了纪念雷诺,故优先数又取名R数系。

我国国家标准GB/T 321—2005《优先数和优先数系》规定了数值分级制度的主要内容。国家标准指明:确定产品的技术参数或参数系列时,必须最大限度地采用优先数和优先数系,以便使产品的参数选择及其后续工作一开始就纳入标准化的轨道。

GB/T 321—2005规定:优先数系(series of preferred numbers)是公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$ 且项值中含有10的整数幂几何级数的常用圆整值,采用符号R5、R10、R20、R40、R80表示,其中前四项为基本系列,公比如下:

$$R5: \quad q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$$

$$R10: \quad q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$R20: \quad q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$R40: \quad q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

R80系列称为补充系列,仅在参数分级很细或基本系列中的优先数不能适应实际情况时才考虑采用。R80系列的公比为

$$q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

派生系列是从基本系列或补充系列 R_r 中,每 p 项取值导出的系列,以 $R_{r/p}$ 表示(比值 r/p 是1~10、10~100等各个十进制数内项值的分级数),其公比为

$$q_{r/p} = q_r^p = (\sqrt[r]{10})^p = 10^{p/r}$$

例如,在工程上还采用R10/3系列(派生系列),其公比 $q \approx 2$ 。也就是在R10系列中每隔三项选一个数值组成的数系,即1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.0, 32.0, 64.0, …。

国家标准规定:优先数系中的各项值均为优先数。

根据优先数系的公比计算,可以得到优先数各项的理论值,这些理论值除了10的整数幂外均为无理数,在工程技术上无法直接应用,实际应用的是经过圆整后的常用值和计算值。基本系列的常用值见表1.1,补充系列R80的常用值见表1.2。

优先数系列相邻两项的相对差均匀,项值排列疏密适中,而且运算方便,简单易记,具有广泛的实用性。在设计各类产品时,如果产品的主要参数按优先数选用并形成系列,可以减轻设计计算的工作总量,便于分析各参数之间的内在关系,可以用有限的产品规格系列最大限度地满足用户的多种需求。因此,优先数和优先数系被用来作为数值统一的标准,在各个工业发达国家得到了极其广泛的应用。

表 1.1 基本系列的常用值(摘自 GB/T 321—2005/ISO3: 1973)

基本系列				基本系列			
R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00		3.15	3.15	3.15
			1.06				3.35
		1.12	1.12			3.55	3.55
			1.18				3.75
	1.25	1.25	1.25	4.00	4.00	4.00	4.00
			1.32				4.25
		1.40	1.40			4.50	4.50
			1.50				4.75
1.60	1.60	1.60	1.60		5.00	5.00	5.00
			1.70				5.30
		1.80	1.80			5.60	5.60
			1.90				6.00
	2.00	2.00	2.00	6.30	6.30	6.30	6.30
			2.12				6.70
		2.24	2.24			7.10	7.10
			2.36				7.50
2.50	2.50	2.50	2.50		8.00	8.00	8.00
			2.65				8.50
		2.80	2.80			9.00	9.00
			3.00				9.50
				10.00	10.00	10.00	10.00

表 1.2 补充系列 R80 的常用值(摘自 GB/T 321—2005/ISO3: 1973)

1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00
1.03	1.28	1.65	2.06	2.58	3.25	4.12	5.15	6.50	8.25
1.06	1.32	1.70	2.12	2.65	3.35	4.25	5.30	6.70	8.50
1.09	1.36	1.75	2.18	2.72	3.45	4.37	5.45	6.90	8.75
1.12	1.40	1.80	2.24	2.80	3.55	4.50	5.60	7.10	9.00
1.15	1.45	1.85	2.30	2.90	3.65	4.62	5.80	7.30	9.25
1.18	1.50	1.90	2.35	3.00	3.75	4.75	6.00	7.50	9.50
1.22	1.55	1.95	2.43	3.07	3.85	4.87	6.15	7.75	9.75

1.4 测量技术的重要性

几何量检测是组织互换性生产必不可少的重要措施。由于零部件的加工误差不可避免,因此必须采用先进的公差标准对机械零部件的几何量规定合理的公差,用以实现零部件的互换性。若不采用适当的检测措施,规定的公差也就形同虚设,不能发挥作用。因此,应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。只有接受几何量合格者,才能保证零部件在几何量方面的互换性。检测是检验和测量的统称。一般来说,测量的结果能够获得具体的数值;检验的结果只能判断合格与否,而不能获得具体数值。但是,必须注意到,在检测过程中又会不可避免地产生或大或小的测量误差,这将导致两种误判:

(1) 误收——把不合格品误认为合格品而接收;

(2) 误废——把合格品误认为不合格品而废弃。

这是测量误差表现在检测方面的矛盾,这就需要从保证产品的质量和经济性两方面综合考虑,合理解决。

检测的目的不仅仅在于判断工件合格与否,还有其他积极的方面,即根据检测的结果分析产生废品的原因,以便降低废品率。

1.5 本课程的性质与任务

“互换性与技术测量”课程的发展与机械工业的发展密切相关,它是高等学校机械类和近机械类相关专业的一门重要的技术基础课,在教学计划中起到承上启下的作用,是联系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。随着机械制造业的发展,机械的精度设计与运动设计、强度设计一样,已经成为机械设计过程中不可缺少的重要环节之一,是保证机械产品质量、降低成本的重要因素之一。本课程由几何量公差与检测两部分组成,前一部分的内容主要通过课堂教学和课外作业来完成,后一部分的内容主要通过实验课来完成。

学生在学习本课程后应达到下列要求:

- (1) 掌握有关互换性生产原则及公差与配合的规律与选用;
- (2) 了解相关的基本概念;
- (3) 能够理解零件精度设计的基本原理和方法;
- (4) 能够查用本课程介绍的公差表格,正确标注图样;
- (5) 了解检测技术的基本知识并具备零件技术测量的基本技能。

总之,本课程的任务在于使学生获得机械工程技术人員所必须具备的几何量公差与检测方面的基础知识和技能,而后续课程的教学和毕业后的实际工作锻炼,则使学生进一步加深理解和逐渐熟练掌握本课程的内容。

复 习 与 思 考

1. 广义互换性的定义是什么?机械产品零部件互换的含义是什么?

2. 互换性原则是否在任何生产情况下都适用? 试加以说明。
3. 何谓标准? 何谓标准化? 互换性生产与标准化的关系是什么?
4. 自 IT6 级以后, 孔、轴标准公差等级系数为 10, 16, 25, 40, 64, 100, 160, ...。试判断它们属于哪个优先数系列。
5. 试写出派生系列 R5/3、R10/2、R20/3 中从 1 到 100 的常用值。
6. GB/T 321—2005 规定什么数列作为优先数系? 试述这个数列的特点。

第2章 极限与配合

2.1 几何参数误差的种类

几何参数误差分为以下几种情况：

(1) 尺寸误差：工件加工后的实际尺寸与理想尺寸之差。

(2) 几何形状误差：零件几何要素的实际形状与理想形状之差，一般由机床、夹具、刀具、工件所组成的工艺系统的误差所造成。

(3) 位置误差(相互位置精度)：工件加工后，各表面或中心线之间的实际相互位置与理想位置的差值(平行度、垂直度、同轴度等)。

(4) 表面粗糙度：加工后刀具在工件表面上留下的大量很微小的高低不平的波形，其波峰和波长都很小。

公差是允许实际几何参数的最大变动量，是允许的最大误差。公差用来协调机械零件的使用要求与加工经济性之间的矛盾，是由设计人员给定的。误差是在加工过程中产生的，零件应按规定的极限(即公差)来制造，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。

2.2 基本术语和定义

产品几何技术规范(GPS)极限与配合中，公差与配合部分的标准主要包括：

(1) GB/T 1800.1—2009《产品几何技术规范(GPS)极限与配合 第1部分：公差、偏差和配合的基础》。

(2) GB/T 1800.2—2009《产品几何技术规范(GPS)极限与配合 第2部分：标准公差等级和孔、轴极限偏差表》。

(3) GB/T 1801—2009《产品几何技术规范(GPS)极限与配合 公差带和配合的选择》。

(4) GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性 and 角度尺寸的公差》。

这些标准是尺寸精度设计的重要依据，我们将在本章进行介绍，而有关公差与配合的技术保证(即测量与检验)部分的国家标准将在后面章节中介绍。

2.2.1 有关要素的术语和定义

1. 尺寸要素

尺寸要素(feature of size)是指由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状。

2. 实际(组成)要素

实际(组成)要素[real(integral)feature]是指由接近实际(组成)要素所限定的工件实

实际表面的组成要素部分。

3. 提取组成要素

提取组成要素(extracted integral feature)是指按规定方法,由实际(组成)要素提取有限数目的点所形成的实际(组成)要素的近似替代。

4. 拟合组成要素

拟合组成要素(associated integral feature)是指按规定方法,由提取组成要素形成的并具有理想形状的组成要素。

2.2.2 孔与轴的定义

孔与轴的《极限与配合》标准是机械工程最重要的基础标准,制定最早,体系比较完善,也是学习其他互换性标准的基础。

孔(hole):通常指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形的内表面(有两个平行平面或切面的包容面)。

轴(shaft):通常是指工件的圆柱形的外表面,也包括非圆柱形的外表面(由两个平行平面或切面形成的被包容面)。

由定义可见,孔和轴具有广泛的含义,如图 2.1 所示。

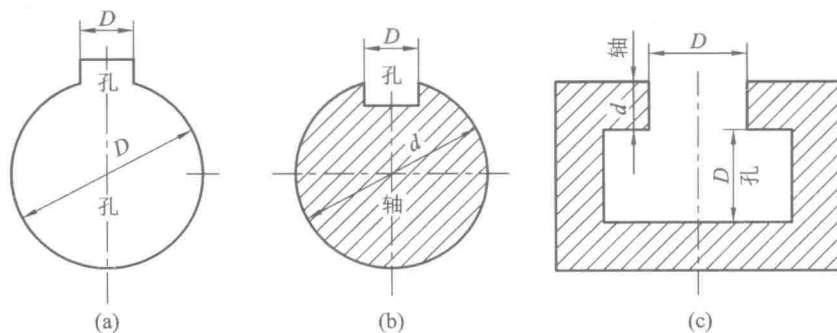


图 2.1 孔与轴示意图

孔与轴的区别:从装配关系看,孔为包容面,轴为被包容面;从加工过程看,孔的尺寸由小变大,而轴的尺寸由大变小。

2.2.3 有关尺寸的术语和定义

1. 尺寸

特定单位表示线性长度值的数值,称为尺寸(size)。尺寸由数字和长度单位组成,在技术制图中,通常用毫米(mm)为长度单位,在图样上标注尺寸时,省略单位 mm,只书写数字。如直径 $\phi 40$ 、半径 $R20$ 、宽度 12、高度 120、中心距 60 等。

2. 公称尺寸

公称尺寸(nominal size)是设计确定的尺寸,是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸。大写字母表示孔,小写字母表示轴,如 D 和 d (L 或 l)。通过公称尺寸,应用上、下偏