

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等院校机电工程类规划教材

互换性与测量技术基础

主 编 张秀娟

普通高等院校机电工程类规划教材

互换性与测量技术基础

主编 张秀娟

清华大学出版社

内 容 简 介

本书采用最新国家标准,结合应用实例,重点介绍了互换性的基本概念和标准的应用,较全面地介绍了机械测量技术几何量的各种误差检测方法和原理。

本书内容包括:互换性与标准化、圆柱体结合尺寸精度互换性、形状和位置公差、公差原则、表面粗糙度与检测、技术测量基础知识、圆锥和角度的公差与配合、滚动轴承的公差与配合、键与花键的公差与配合、渐开线圆柱齿轮的精度设计、普通螺纹的公差与配合、尺寸链等。每章后附相关习题,在各章中均有解题所需的公差表格,以方便教学和读者自学。本书附一本练习册,结构安排与本书相呼应,精选大量判断题、选择题、填空题、简答题等类型题,以帮助读者检查学习效果。练习册最后还设计了一个大作业环节,以对所学内容进行检验。

本书适用于高等院校机械类、机电类、材料成型类、仪器仪表类、机电设备类各专业使用,也可供有关工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础/张秀娟主编.--北京:清华大学出版社,2013

普通高等院校机电工程类规划教材

ISBN 978-7-302-32335-8

I. ①互… II. ①张… 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(2013)第 092443 号

责任编辑:庄红权 洪 英

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:25.75 字 数:617千字

版 次:2013年7月第1版 印 次:2013年7月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:52.00元(共二册)

产品编号:046311-01

前 言

“互换性与测量技术基础”课程是机械类各专业的一门重要的技术基础课。本书按照国家的最新标准,参考了现已出版的同类教材,融入编者多年的教学实践经验编写而成。

本书在内容安排和叙述方式上,紧密结合教学大纲,把重点放在互换性的基础理论和基本知识方面。为突出几何量标准的特点、选用及图样标准,本书给出了应用示例和习题,以便做到理论联系实际,学以致用。同时,为了提供以后的课程设计、毕业设计所必需的参考资料,本书对圆锥和角度、滚动轴承、键与花键和普通螺纹的公差与配合,以及渐开线圆柱齿轮的精度设计等内容也做了简单介绍。

本书由大连交通大学张秀娟教授主编,在编写过程中,得到了袁颖、杨洋、李海涛、谷春晓、戴世栋、佟小佳、孙宏伟、王发锋等研究生的帮助,在此表示感谢。

由于编者的水平有限,加之时间紧迫,书中难免存在许多疏漏和不足之处,敬请广大读者批评指正。

作 者
2013年6月

目 录

第 1 章 互换性与标准化	1
1.1 互换性概述	1
1.2 标准化与优先数系	3
1.3 零件的误差、公差及检测	7
习题	9
第 2 章 圆柱体结合尺寸精度互换性	10
2.1 公差与配合的基本术语及定义	10
2.2 标准公差系列	22
2.3 基本偏差系列	25
2.4 一般、常用和优先的公差带与配合	35
2.5 一般公差——线性和角度尺寸的未注公差	37
2.6 大尺寸段、小尺寸段公差与配合简介	39
2.7 极限与配合标准的选用	43
习题	62
第 3 章 形状和位置公差	63
3.1 概述	63
3.2 形状公差	68
3.3 位置公差	74
3.4 形位公差的标注方法	90
3.5 形位公差的选择方法	98
3.6 形位公差的选择举例	107
3.7 形位误差的检测	109
习题	132
第 4 章 公差原则	134
4.1 有关术语及定义	134
4.2 独立原则	136
4.3 包容要求	139
4.4 最大实体要求	142
4.5 最小实体要求	147
4.6 可逆要求	149

4.7 公差原则的选用	151
习题	153
第 5 章 表面粗糙度与检测	154
5.1 概述	154
5.2 表面粗糙度标准	158
5.3 表面粗糙度的标注	163
5.4 表面粗糙度的参数选用	170
5.5 表面粗糙度的检测	174
习题	178
第 6 章 技术测量基础知识	180
6.1 技术测量基本知识	180
6.2 计量器具与测量方法	185
6.3 光滑工件尺寸检验	200
6.4 光滑极限量规设计	206
习题	216
第 7 章 圆锥和角度的公差与配合	217
7.1 概述	217
7.2 圆锥公差与配合	223
7.3 圆锥配合	229
7.4 锥度的检测	234
习题	237
第 8 章 滚动轴承的公差与配合	238
8.1 概述	238
8.2 滚动轴承精度等级及其应用	238
8.3 滚动轴承内、外圈公差带	240
8.4 滚动轴承与轴颈及外壳孔的配合	243
习题	250
第 9 章 键与花键的公差与配合	252
9.1 单键连接的公差与配合	252
9.2 矩形花键的公差与配合	257
习题	263
第 10 章 渐开线圆柱齿轮的精度设计	264
10.1 齿轮传动及其使用要求	264

10.2	齿轮的加工误差	272
10.3	单个齿轮精度的评定指标及检测	279
10.4	齿轮副精度的评定指标	298
10.5	渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	302
	习题	314
第 11 章	普通螺纹的公差与配合	315
11.1	普通螺纹的基本牙型和几何参数	315
11.2	普通螺纹几何参数对螺纹互换性的影响	319
11.3	螺纹中径合格性判断原则	322
11.4	普通螺纹的公差与配合	323
11.5	普通螺纹的检测	330
11.6	机床丝杠和螺母的公差与配合	334
	习题	341
第 12 章	尺寸链	342
12.1	尺寸链的基本概念	342
12.2	尺寸链的计算方法	345
	习题	349
	参考文献	350

第 1 章 互换性与标准化

本章主要介绍互换性的起源、含义、重要意义和分类,并介绍了标准、标准化和优先数系,主要涉及以下国家标准的有关内容。

GB/T 2000.1—2002 标准化工作指南 第 1 部分:标准化和相关活动的通用词汇

GB/T 321—2005 优先数与优先数系

1.1 互换性概述

1. 互换性的起源

互换性原理始于兵器制造。在中国,早在战国时期(公元前 476—前 222 年)生产的兵器便符合互换性要求。西安秦始皇陵兵马俑坑出土的大量弩机的组成零件都具有互换性。这些零件是青铜制品,其中方头圆柱销和销孔已能保证一定的间隙配合。

18 世纪初,美国批量生产的火枪实现了零件互换。随着织布机、缝纫机和自行车等新的机械产品的大批量生产的需要,又出现了高精度工具和机床,促使互换性生产由军火工业迅速扩大到一般机械制造业。现在,互换性的应用就更加广泛和丰富了。

2. 互换性的含义

互换性(interchangeability)是指在相同规格的一批零件或部件中,能够彼此互相替换使用的性能。具有这种性质的零部件,称其具有互换性。例如,汽车、拖拉机、缝纫机、自行车和仪器仪表的零件都是按照互换性要求生产的。在使用中,当有些零件(如活塞、曲轴、轴承等)损坏而需要更换时,它们不需任何钳工修配即可进行装配,而且能完全满足使用要求,这样的一些零件称为具有互换性的零件。在现代生产中,互换性已成为一个被普遍遵循的原则。互换性对机器的制造、设计和使用都具有十分重要的意义。

(1) 在设备使用时,容易保证其运转的连续性和持久性,从而提高设备的使用价值。若机械设备上的零部件具有互换性,一旦某一零部件损坏,就可以方便地选用另一个新备件替换,保证机器连续运转。在某些情况下,互换性所起的作用难以用经济价值衡量。例如,在电厂、消防、军用设备中,必须采用具有互换性的零部件,以保证机械设备连续持久运转。

(2) 在制造时,同一台设备的各个零部件可以分散在多个工厂同时加工。这样,每个工厂由于产品单一、批量较大,有利于采用高效率的专用设备或采用计算机辅助制造,容易实现优质、高产、低耗,生产周期也会显著缩短。

(3) 在产品装配时,由于零部件具有互换性,使装配作业顺利,易于实现流水作业或自动化装配,从而缩短装配周期,提高装配作业质量。

(4) 在产品设计时,由于尽量多地采用具有互换性的标准零部件,将大大简化绘图、计算等设计工作量,也便于采用计算机辅助设计,缩短设计周期。

(5) 在机械设备的管理上,无论是技术和物资供应,还是计划管理,零部件具有互换性

将便于实行科学化管理。

3. 互换性的分类

按照互换性的形式和程度不同,可把互换性分为完全互换性(complete interchangeability)与不完全互换性(incomplete interchangeability)两类。

1) 完全互换性

完全互换性是指同种零、部件加工完成后,不需经任何选择、调整或修配等辅助处理,便可顺利装配,并在功能上达到使用性能要求。在大批生产中,往往采用具有完全互换性的零件,如常见的螺栓、螺母、滚动轴承等标准件。

完全互换性的优点是做到零、部件的完全互换、通用,为专业化生产和相互协作创造了条件,简化了修整工作,从而提高经济性。其主要缺点是当组成产品的零件较多、整机精度要求较高时,按此原则分配到每一个零件上的公差必然较小,造成加工制造困难和制造成本增高。

2) 不完全互换性

不完全互换性是指同种零、部件加工完成后,在装配前需经过选择、分组、调整或修配等辅助处理,才可顺利装配,在功能上达到使用性能要求。在不完全互换性中,按实现的方法不同又可分为以下三种。

(1) 分组互换

分组互换是指同种零、部件加工后,在装配前首先需要进行检测分组,然后按组进行装配,大孔配大轴,小孔配小轴。仅同组的零、部件可以互换,组与组之间的零、部件不能互换。在实际生产中,滚动轴承内、外圈滚道与滚动体的结合(见图 1.1(a)),活塞销与活塞销孔(见图 1.1(b)),连杆孔的结合(见图 1.1(c)),就是按分组互换装配的。

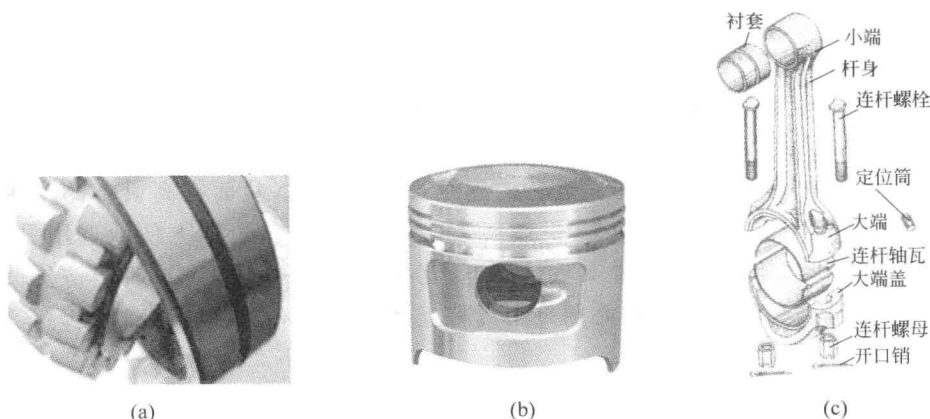


图 1.1 分组互换

(2) 调整互换

调整互换是指同种零、部件加工后,在装配时需要用调整的方法改变它在部件或机构中的尺寸或位置,方能满足功能要求的。如图 1.2 所示,燕尾导轨中的调整镶条,在装配时要沿导轨移动方向调整它的位置,方可满足间隙的要求。

(3) 修配互换

修配互换是指同种零、部件加工后,在装配时要用去除材料的方法改变它的某一实际尺寸的大小,方能满足功能上的要求。如图 1.3 所示,普通车床尾座部件中的垫板,在装配时要对其厚度再进行修磨,方可满足普通车床头架与尾架顶尖中心等高的精度要求。

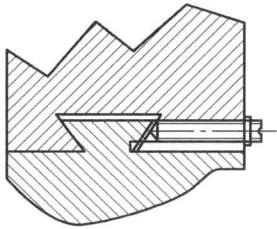


图 1.2 燕尾导轨

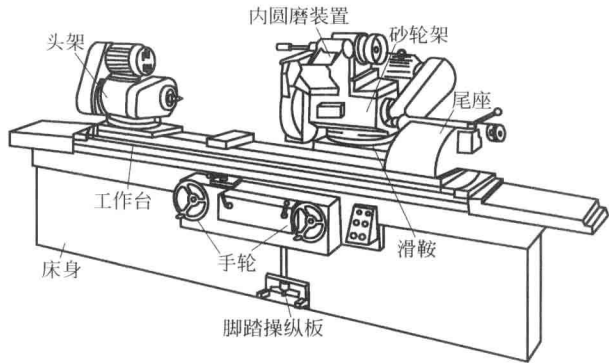


图 1.3 普通车床尾座

不完全互换性的优点是在保证装配、配合功能要求的前提下,能适当放宽制造公差,使得加工容易、降低零件制造成本。装配时,通过采用上述的一些措施,便能获得质量较高的产品。其主要缺点是降低了互换性水平,不利于部件和机器的装配维修。

综上所述,进行机械产品设计,给组成零件规定公差时,只要能方便采用完全互换性原则生产的,都应遵循完全互换性原则设计。当产品结构较复杂,装配要求又较高,同时用完全互换性原则有困难且不经济时,在局部范围内可以采用不完全互换性原则。其中,分组互换只用于批量较大的产品,结构中要求使用精度较高的那些结合件。修配互换一般只用在单件或小批生产的产品上。而调整互换应用比较广泛,随批量不同而选择具体的结构,其中可调整补偿件通常是容易磨损并经常要求保持在较小范围变化的环节。

1.2 标准化与优先数系

1. 标准与标准化的含义

在国标《标准化工作指南 第1部分:标准化和相关活动的通用词汇》(GB/T 2000.1—2002)中,把“标准”(standard)定义为:对重复性事物和概念所做的统一规定。“标准”即是一种“规定”,它的制定是以科学、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。“标准化”(standardization)的定义是: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。制定“标准”是“标准化”中的一项工作。

1) 标准化的意义

当今,任何产品的组成零件都可以在不同车间、不同工厂、不同地区乃至不同国家生产和协作完成。如阿波罗宇宙飞船,据统计,参加研制的单位、公司有两万多家,大学和研究所 120 多所,涉及 42 万人次。显然,每项产品在生产过程中都要依赖各方面的工作人员以及有关企业,提供技术、原料、动力、设备、配件、协作件和工具等的支持,否则,生产就会中断。

生产越发展,生产的社会化程度越高,企业之间的联系就越密切。为使各个独立的、分散的
工作者、工业部门或工厂企业之间保持必要的技术协调和统一,必须有一种手段,这就是“标
准化”。为达到上述目的,关键的工作是加强标准化与质量管理。

2) 标准的分类

如图 1.4 所示,标准可以按不同的方
法分类。

标准按照其性质,可分为技术标准、工
作标准和管理标准。技术标准是指根据生
产技术活动的经验和总结,作为技术上共
同遵守的法规而制定的各项标准。工作标
准是指对工作范围、构成、程序、要求、效果
和检查方法等所做的规定。管理标准是指
对标准化领域中需要协调、统一和管理的
事项所制定的标准。

技术标准按照标准化对象的特征,可
分为基础标准、产品标准、方法标准和安全、卫生与环境保护标准。基础标准是以
标准化共性要求和前提条件为对象的标准,它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

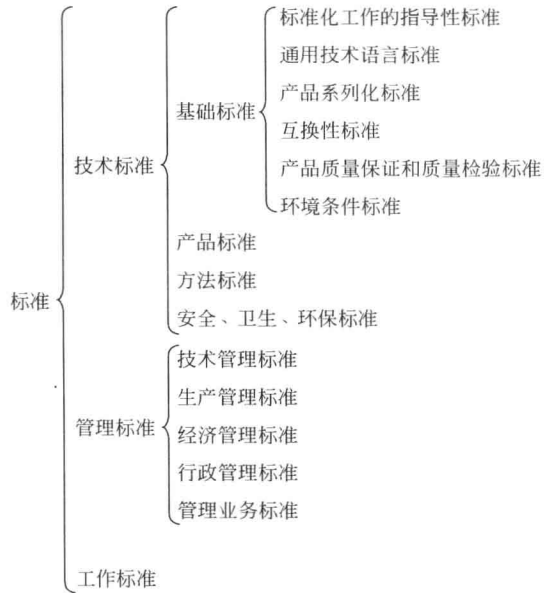


图 1.4 标准分类

用的通用性标准,也是制定其他标准时可依据的标准。产品标准是指为保证产品的适用性
而对产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准。方法标准是指以试验、检查、分析、抽
样、统计、计算、测定、作业等各种方法为对象而制定的标准。安全、卫生与环境保护标准是
以保护人和物的安全为目的而制定的标准。

2. 优先数和优先数系

1) 优先数系的由来

在生产中,当选定一个数值作为某种产品的参数指标时,这个数值就会按一定的规律向
一切相关的制品、材料等的有关参数指标传播扩散。如图 1.5 所示,当螺钉的公称直径数值
确定后,不仅会传播到安装螺钉的螺孔的相应参数上,而且必然会传播到加工和检验的刀具(钻头、丝锥)、量具(螺纹塞规)
及防松零件(垫圈)等的相应参数上。这种技术参数的传播在生产实践中是极为普遍的现象,既发生在相同量值之间,也发
生在不同量值之间,并且跨越行业和部门的界限。这种情况可称为数值的横向传播。

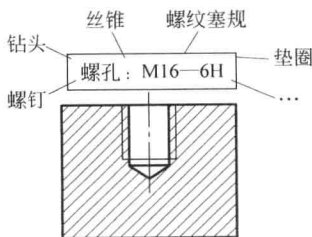


图 1.5 数值传播

2) 对数系的要求

如前所述,在工业生产中需要用统一的数系协调各部门
的生产。对各种技术参数分级,已成为现代工业生产的需要。因此,对数系有下列要求:
①彼此相关,疏密适当; ②能两端延伸和中间插入; ③两相邻数的相对差为定值; ④积商后
仍为数系中的数; ⑤十进制。

从表 1.1 中可以看出,等差数列两相邻数的相对差不为定值,并且圆面积 $A = (\pi/4)d^2$ 展开后是一个多项式。而几何级数两相邻数的相对差为定值,圆面积 $A = (\pi/4)d^2q$,仍可能为数列中的数。这样的运算具有封闭性,能够实现更为广泛的数值统一。所以,工程上的主要技术参数,若按十进制几何级数分级,经过数值传播后,与其相关的其他量值也有可能按同样的数值规律分级。这是建立优先数系的依据。

表 1.1 两数列比较

数列	例子	相对差	$A = (\pi/4)d^2$
等差数列	1, 2, 3, 4, ..., 10, 11, ...	$(2-1)/1 \times 100\% = 100\%$ $(11-10)/10 \times 100\% = 10\%$	$A = \pi/4(d+1)^2$
等比数列	1, $q, q^2, q^3, \dots, q^{n-1}, q^n, \dots$	$(q^n - q^{n-1})/q^{n-1} \times 100\%$ $= (q-1) \times 100\%$	$A = (\pi/4)d^2$

3) 优先数系

优先数系起源于 1877 年,为了减少热气球的绳索种类,法国人雷诺(C. Renard)按等比数列分级,将 425 种绳索规格整理简化为 17 种。故后人以他的名字命名优先数系,分别写作 R5, R10, R20, R40 和 R80 系列。

(1) 基本系列

先考察一几何级数: $\dots, aq^0, aq^1, aq^2, aq^3, aq^4, aq^5, \dots, aq^n, \dots$

现要求在这个级数中建立一个数系,该数系每隔 5 项数值增加 10 倍:

即令 $aq^5 = 10aq^0$, 又令 $a = 1$, 所以 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ 。由此得一公比为 $q_5 = \sqrt[5]{10}$ 的等比数列: 1, 1.6, 2.5, 4.0, 6.3, 10。这个数列称为 R5 系列。

又令 $aq^{10} = 10aq^0$, 即该数系每隔 10 项数值增加 10 倍, 令 $a = 1$, 所以 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$, 又得一系列: 1, 1.25, 1.6, 2.00, 2.5, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10, 这个数列称为 R10 系列。同理可得公比为 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$ 和公比为 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$ 的 R20 和 R40 数系。国标《标准化工作指南 第 1 部分: 标准化和相关活动的通用词汇》(GB/T 2000.1—2002)中规定: R5、R10、R20、R40 这 4 个系列,是优先数系中的常用系列,称为基本系列。该系列各项数值如表 1.2 所示。

(2) 补充系列

R80 系列称为补充系列。公比 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$, 其代号表示方法与基本系列相同。以上是国标《优先数与优先数系》(GB/T 321—2005)中规定的 5 种优先数系。

(3) 变形系列

变形系列主要有三种: 派生系列、移位系列和复合系列。

① 派生系列

派生系列是从基本系列或补充系列 R_r 中(其中 $r = 5, 10, 20, 40, 80$), 每隔 p 项取值导出的系列, 即从每相邻的连续 p 项中取一项形成的等比系列。派生系列的代号表示方法如下:

系列无限定范围时, 应指明系列中含有的一个项值, 但是如果系列中含有项值 1, 可简写为 R_r/p 。例如, R10/3 表示系列为 $\dots, 1, 2, 4, 8, 16, \dots$; 又例如, R10/3($\dots 80 \dots$)表示含有项值 80 并向两端无限延伸的派生系列。

表 1.2 优先数的基本数列(摘自 GB/T 321—2005)

基本系数(常用值)				计算值	基本系数(常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40		R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.0000				3.35	3.3497
			1.06	1.0593			3.55	3.55	3.5481
		1.12	1.12	1.1220				3.75	3.7594
			1.18	1.1885	4.00	4.00	4.00	4.00	3.9811
	1.25	1.25	1.25	1.2589				4.25	4.2170
			1.32	1.3335			4.50	4.50	4.4668
		1.40	1.40	1.4125				4.75	4.7315
			1.50	1.4962		5.00	5.00	5.00	5.0119
1.60	1.60	1.60	1.60	1.5849				5.30	5.3088
			1.70	1.6788			5.60	5.60	5.6234
		1.80	1.80	1.7783				6.00	5.9566
			1.90	1.8836	6.30	6.30	6.30	6.30	6.3096
	2.00	2.00	2.00	1.9953				6.70	6.6834
			2.12	2.1135			7.10	7.10	7.0795
		2.24	2.24	2.2387				7.50	7.4989
			2.36	2.3714		8.00	8.00	8.00	7.9433
2.50	2.50	2.50	2.50	2.5119				8.50	8.4140
			2.65	2.6007			9.00	9.00	8.9125
		2.80	2.80	2.8184				9.50	9.4406
			3.00	3.0854	10.00	10.00	10.00	10.00	10.0000
	3.15	3.15	3.15	3.1623					

系列有限定范围时,应注明界限值,例如,R20/4(112…)表示以 112 为下界的派生系列;R40/5(…60)表示以 60 为上界的派生系列;R5/2(1…10 000)表示以 1 为下限和 10 000 为上界的派生系列。

派生系列的公比为: $q_{r/p} = (\sqrt[r]{10})^p$ 。

例如,派生系列 R10/3,它的公比 $q_{10/3} = (\sqrt[10]{10})^3 \approx 2$ 。首先,写出 R10 系列如下:

1, 1.25, 1.6, 2.00, 2.5, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10

由于第一项是 1,所以 R10/3 系列: 1, 2.00, 4.00, 8.00, …。同理,可以得出 R10/3(1.25…)系列: 1.25, 2.50, 5.00, 10.00, …。

② 移位系列

移位系列也是一种派生系列,它的公比与某一基本系列相同,但项值与该基本系列不同。例如,项值从 2.58 开始的 R80/8 系列,是项值从 2.50 开始的 R10 系列的移位系列:

R80/8: 2.58, 3.25, 4.12, …

R10: 2.5, 3.15, 4.00, …

则 R80/8 系列为 R10 系列的移位系列,其公比与 R10 系列相同。

③ 复合系列

复合系列是指由几个公比不同的系列组合而成的变形系列,或以某一系列为主,从中删

去个别数值,而加入邻近系列的数值形成的系列。亦即从一个系列或多个系列中取值。例如,10,16,25,35.5,47.5,63,80,100 即为一复合系列。其中 10,16,25 为 R5 系列; 25,35.5 为 R20/3 系列; 35.5,47.5,63 为 R40/5 系列; 63,80,100 为 R10 系列。如 0.6~3600 kW 感应电动机系列也为一复合系列。

4) 优先数系的应用

(1) 在一切标准化领域中应尽可能采用优先数系

优先数系不仅应用于标准的制定,且在技术改造设计、工艺、实验、老产品整顿简化等诸多方面都应加以推广,尤其在新产品设计中,要遵循优先数系。

(2) 区别对待各个参数采用优先数系的要求

基本参数、重要参数是在数值传播上最原始或涉及面最广的参数,应尽可能采用优先数系。对其他各种参数,除非由于运算上的原因或其他特殊原因,不能为优先数(例如两个优先数的和或差不再为优先数)以外,原则上都宜采用优先数。

(3) 按“先疏后密”的顺序选用优先数系

对自变量参数尽可能选用单一的基本系列,选择的优先顺序是: R5、R10、R20、R40。只有在基本系列不能满足要求时,才采用公比不同、由几段组成的复合系列;如果基本系列中没有合适的公比,也可用派生系列,并尽可能选用包含项值 1 的派生系列。对于复合系列和派生系列,也应按先疏后密的顺序选用。

1.3 零件的误差、公差及检测

1. 公差与误差

任何一台机器中的零件都是按一定的工艺过程、通过加工所得到的。由于加工设备与工艺方法的不完善,不可能做到零件的尺寸和形状都绝对符合理想状态,设计参数与实际参数之间总是有误差的。为了保证零件的使用性能及制造的经济性,设计时必须合理地提出几何精度要求,即规定公差值,把加工误差限制在允许的范围内。

2. 加工误差

在加工的过程中,必然会产生误差,只要误差的大小不影响机器的使用性能,可以允许存在一定的误差,加工误差分类如下。

1) 尺寸误差

尺寸误差(size error)是指加工后一批零件的实际尺寸相对于理想尺寸的偏差范围,如直径误差、长度误差等。当加工条件一定时,尺寸误差表征了该加工方法的精度。如图 1.6 所示,某轴的实际尺寸为 $\phi 49.960\text{mm}$,则此轴的尺寸误差为 -0.040mm 。

2) 形状误差

形状误差(form error)是指零件上几何要素的实际形状对其理想形状的偏离量。如图 1.7 所示的圆度误差、直线度误差等。它是从整个形体来看在形状方面存在的误差,故又称为宏观几何形状误差。

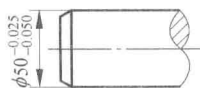


图 1.6 尺寸误差

3) 位置误差

位置误差(position error)是指零件上几何要素的实际位置对其理想位置的偏离量。如图 1.8 所示的同轴度误差、垂直度误差等。

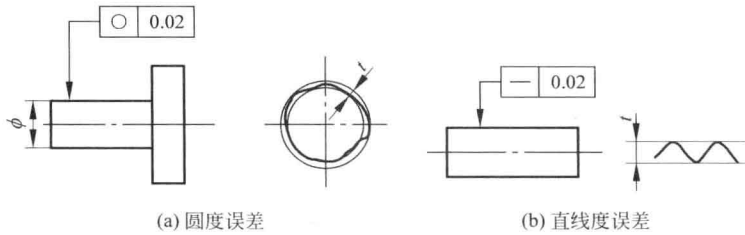


图 1.7 形状误差

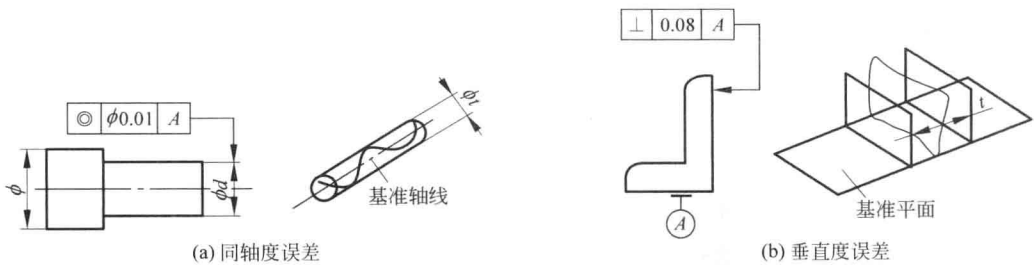


图 1.8 位置误差

4) 表面粗糙度

表面粗糙度(surface roughness)是指加工表面上具有的较小间距和峰谷所组成的微观几何特性,如图 1.9 所示。其特点是具有微小的波形,又称为微观几何形状误差。

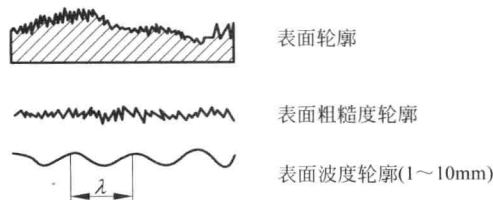


图 1.9 表面粗糙度和表面波度

5) 表面波度

表面波度(surface waviness)是指介于宏观和微观几何形状误差之间的一种表面形状误差,如图 1.9 所示。其特点是峰谷和间距要比表面粗糙度大得多,并且在零件表面呈周期性变化。通常认为波距在 1~10mm 范围的表面形状误差属于表面波度。

上述各项误差,统称为几何参数误差。

3. 公差

公差(tolerance)是指图纸规定的零件几何参数的允许变动量。如图 1.6 所示,某轴的公差值为 0.025mm。公差是用来控制误差的,当实际零件的误差在公差范围内时,零件为合格件;反之,当实际零件的误差超出了公差范围,零件为不合格件。

4. 公差与误差的区别和联系

误差是在零件加工过程中产生的,它是随机变量;公差是设计人员给定的,用于限制误

差的合格范围。由于误差产生的原因及其对零件使用性能的影响不同,所以在精度设计时,规定公差的原则和方法也不同。公差控制误差。误差直接产生于生产实践中。只有当一批零件的加工误差控制在产品性能所允许的变动范围内时,才能使零部件具有互换性。可见,公差是保证零部件互换性的基本条件。

习 题

- 1.1 什么是互换性? 互换性有哪些优点?
- 1.2 试分析零件的加工误差与公差的关系。
- 1.3 按优先数的基本系列确定优先数。
 - (1) 第一个数为 10,按 R5 系列确定后 5 项优先数。
 - (2) 第一个数为 100,按 R10/3 系列确定后三项优先数。
- 1.4 试写出 R10 优先数系从 1~100 的全部优先数(常用值)。
- 1.5 普通螺纹公差自三级精度开始其公差等级系数为: 0.50,0.63,0.80,1.00,1.25,1.60,2.00。它们属于优先数系中的哪一种? 其公比是多少?

第 2 章 圆柱体结合尺寸精度互换性

圆柱体结合是机械制造中应用最广泛的一种结合,为了便于研究,将其简化为孔与轴的结合。这种结合的互换性主要由结合直径与结合长度两个几何尺寸决定,但由于长径比可规定在一定范围内(例如,长度与直径之比等于 1.5 左右),而且从使用要求看,直径通常更为重要。此外,圆柱体结合也适用于广泛意义上的轴与孔,即结合中由单一尺寸组成的部分,如键结合中的键与键槽的结合等。因此,本章按直径这一重要参数来考虑圆柱体结合的互换性。

本章主要阐述公差与配合国家标准的组成规律、特点及基本内容,并分析公差与配合选用的原则与方法,以及对常用尺寸段(至 500mm)孔、轴公差与配合的具体规定,主要涉及以下标准的有关内容。

GB/T 1800.1—2009 几何量技术规范(GPS) 极限与配合 第 1 部分:公差、偏差和配合的基础

GB/T 1800.2—2009 几何量技术规范(GPS) 极限与配合 第 2 部分:标准公差等级和孔、轴极限偏差

GB/T 1801—1999 极限与配合 公差带和配合的选择

GB/T 1803—2003 公差与配合 尺寸至 18mm 孔、轴公差带

GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性角度尺寸的公差

GB/T 275—1993 滚动轴承与轴和外壳孔的配合

GB/T 11365—1989 锥齿轮和准双曲面齿轮精度

2.1 公差与配合的基本术语及定义

1. 孔和轴的术语和定义

1) 孔

孔(hole)是指圆柱形内表面,也包括由两个平行平面或平行切面形成的非圆柱形内表面,其尺寸用 D 表示。

2) 轴

轴(shaft)是指圆柱形的外表面,也包括由两个平行平面或平行切面形成的非圆柱形外表面及其他外表面,其尺寸用 d 表示。

如图 2.1(a)所示,从装配关系来讲,孔表面为包容面(尺寸之间无材料),在加工过程中,孔尺寸越加工越大;如图 2.1(b)所示,轴表面是被包容面(尺寸之间有材料),轴尺寸越加工越小。如图 2.1(c)所示,从测量方法看,测量孔用游标卡尺内卡脚,测量轴用游标卡尺外卡脚。

2. 有关尺寸的术语和定义

1) 尺寸

尺寸(size)是用特定单位表示长度值的数字。特定单位为毫米(mm),在图样上标注尺