



高职高专“十一五”规划教材

公差配合 与测量技术

周超梅 刘丽华 王淑君 主编



GONGCHA PEIHE
YU CELIANG JISHU



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

公差配合

与测量技术

周超梅 刘丽华 王淑君 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据高等职业教育和高等专科教育的需求,以培养专业人才为特色,紧密结合生产实际,突出应用能力和综合素质的培养。

本书共分12章,包括绪论、测量技术基础、极限与配合、形状和位置公差及其检测、表面粗糙度及其检测、光滑极限量规、滚动轴承的公差与配合、键与花键连接的公差与检测、普通螺纹结合的公差与检测、圆锥的公差与检测、渐开线圆柱齿轮传动的公差与检测、尺寸链基础。

全书采用新的国家标准,通俗易懂,侧重讲解概念与标准的应用及测量方法的原理,便于自学。

本书的内容已制作成用于多媒体教学的PPT课件,并将免费提供给采用本书作为教材的院校使用。如有需要,请发电子邮件至 cipedu@163.com 获取。

本书可作为高职、高专、函授大学、电视大学、中职学校等机电类各专业的教材;还可作为机电设计或机械制造行业的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术/周超梅,刘丽华,王淑君主编.
北京:化学工业出版社,2010.6
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-08389-0

I. 公… II. ①周…②刘…③王… III. ①公差-配合-高等学校:技术学院-教材②技术测量-高等学校:技术学院-教材 IV. TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第075602号

责任编辑:高钰

文字编辑:陈喆

责任校对:战河红

装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张13½ 字数344千字 2010年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:23.00元

版权所有 违者必究

前 言

本教材是高等工科院校机械类、仪器仪表类和机电类各专业必修的技术基础课程，是从事机械类、机电类生产行业人员必须掌握的技术基础知识和基本技能。它主要包含几何量的精度设计和误差检测两方面的内容，涉及机械产品及零部件的设计、制造、维修、质量控制等多方面问题，在生产一线有着广泛的实用性。

本教材的编写以多所院校课程改革成果为基础，吸取众多同类教材的优点，突出高职及中职的培养特色，理论遵循以应用为主的原则，着重介绍各种几何参数的精度确定和应用，体现重点突出、实用为主、够用为度的原则，专业知识突出针对性、实用性和应用性。

本教材采用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，本教材每一章均有主要内容要求，每章结束都有小结，总结本章重点内容。由于本教材各章内容独立，可根据不同专业的不同授课学时讲授，既适用于多学时讲授，也适用于少学时讲授。

本教材由周超梅、刘丽华、王淑君任主编，于军、明立军、刘玉娟任主审，周姝、齐云飞、殷秋菊任副主编，参与编写的人员还有柳艳、吉宁、王盈、孙燕燕。其中第1章、第11章由周超梅编写，第4章、第5章由刘丽华编写，第9章由王淑君、齐云飞共同编写，第8章、第10章由周姝编写，第2章由殷秋菊编写，第3章由王盈、刘丽华共同编写，第6章由柳艳编写，第7章由孙燕燕编写，第12章由吉宁编写。

本书的内容已制作成用于多媒体教学的PPT课件，并将免费提供给采用本书作为教材的院校使用。如有需要，请发电子邮件至 cipedu@163.com 获取。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校及中职学校机械类、机电类、仪器仪表类专业学生及技师培训的通用教材，也可供相关工程技术人员、企业管理人员参考使用。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者
2010年4月

目 录

第1章 绪论	1	3.2.2 标准公差系列	33
1.1 互换性的概念、分类及作用	1	3.2.3 基本偏差系列	34
1.1.1 互换性的概念	1	3.2.4 极限与配合在图样上的标注	39
1.1.2 互换性的分类	1	3.2.5 国标中规定的公差带与配合	41
1.1.3 互换性在机械制造中的作用	2	3.3 极限与配合的选择	43
1.2 加工误差与公差	2	3.3.1 基准制的选择	43
1.2.1 加工误差与公差的含义	2	3.3.2 公差等级的选择	44
1.2.2 几何量误差	2	3.3.3 配合种类的选择	46
1.3 标准和标准化	3	本章小结	53
1.3.1 标准和标准化的概念	3	思考与练习题	54
1.3.2 优先数和优先数系	4	第4章 形状和位置公差及其检测	56
1.4 技术检测	6	4.1 概述	56
本章小结	6	4.1.1 形位公差的研究对象——几何要素	56
思考与练习题	6	4.1.2 形位公差的特征项目及其符号	57
第2章 测量技术基础	7	4.1.3 形位公差的标注方法	57
2.1 测量技术的基本概念	7	4.2 形位公差及公差带	60
2.1.1 测量技术的概念	7	4.2.1 形状公差及公差带	61
2.1.2 长度基准和量值传递	8	4.2.2 形状或位置公差及公差带	62
2.1.3 量块的基本知识	8	4.2.3 位置公差及公差带	63
2.2 测量方法的分类	12	4.3 公差原则	70
2.3 测量误差和数据处理	13	4.3.1 公差原则的有关术语及定义	70
2.3.1 测量误差的概念	13	4.3.2 独立原则	73
2.3.2 测量误差的来源	14	4.3.3 相关要求	73
2.3.3 测量误差的种类	14	4.4 形位公差的选择	77
2.3.4 测量精度的三个概念	17	4.4.1 形位公差项目的选择	77
2.3.5 测量结果的数据处理	18	4.4.2 公差原则的选择	78
2.4 计量器具	22	4.4.3 形位公差等级(公差值)的选择	78
2.4.1 计量器具的种类	22	4.5 形位误差的检测	82
2.4.2 生产中常用的长度量具与量仪	22	4.5.1 形位误差的检测原则	82
2.4.3 计量器具的度量指标	24	4.5.2 形位误差及其评定	83
本章小结	25	本章小结	89
思考与练习题	25	思考与练习题	90
第3章 极限与配合	26	第5章 表面粗糙度及其检测	93
3.1 基本术语及定义	26	5.1 概述	93
3.1.1 尺寸的术语及定义	26	5.1.1 表面粗糙度的定义	93
3.1.2 偏差和公差的术语及定义	27	5.1.2 表面粗糙度对零件使用性能的影响	93
3.1.3 配合的术语及定义	29	5.2 表面粗糙度的国家标准及评定参数	94
3.2 极限与配合的国家标准	32		
3.2.1 基准制	32		

5.2.1 表面粗糙度的基本术语	94	思考与练习题	139
5.2.2 表面粗糙度的评定参数	95	第9章 普通螺纹结合的公差与检测	140
5.3 表面粗糙度的标注	98	9.1 概述	140
5.4 表面粗糙度的选用	103	9.1.1 螺纹的分类	140
5.4.1 表面粗糙度评定参数的选用	103	9.1.2 普通螺纹的基本牙型及几何参数	141
5.4.2 表面粗糙度参数值的选用	104	9.2 普通螺纹主要几何参数误差对互换性 的影响	143
5.5 表面粗糙度的检测	106	9.2.1 螺距误差对互换性的影响	143
本章小结	108	9.2.2 牙型半角误差对互换性的影响	144
思考与练习题	108	9.2.3 中径误差对互换性的影响	145
第6章 光滑极限量规	109	9.2.4 保证螺纹互换性的条件	145
6.1 概述	109	9.3 普通螺纹公差与配合及选用	146
6.2 量规设计的原则	110	9.3.1 螺纹的公差等级	146
6.3 量规公差带	111	9.3.2 螺纹的公差带位置和基本偏差	147
6.3.1 工作量规的公差带	111	9.3.3 螺纹的旋合长度、螺纹公差带 和配合的选择	148
6.3.2 验收量规的公差带	113	9.3.4 螺纹在图样上的标记	150
6.3.3 校对量规的公差带	113	9.4 螺纹的检测	151
6.4 工作量规的设计内容	114	9.4.1 综合检验	151
6.4.1 量规的结构形式	114	9.4.2 单项测量	153
6.4.2 量规的技术要求	115	本章小结	154
6.4.3 量规设计应用举例	115	思考与练习题	155
本章小结	117	第10章 圆锥的公差与检测	156
思考与练习题	118	10.1 概述	156
第7章 滚动轴承的公差与配合	119	10.1.1 圆锥配合的特点及种类	156
7.1 概述	119	10.1.2 圆锥配合的基本参数	156
7.1.1 滚动轴承的构成与分类	119	10.1.3 锥度与锥角系列	157
7.1.2 滚动轴承的精度等级及选用	120	10.2 圆锥的配合	159
7.1.3 滚动轴承的内、外径公差带及 特点	120	10.2.1 圆锥配合的形成方法	159
7.2 滚动轴承与轴和外壳孔配合的选用	122	10.2.2 圆锥配合的基本要求	160
7.2.1 轴颈和外壳孔的公差带	122	10.3 圆锥的公差及选用	160
7.2.2 滚动轴承与轴和外壳孔配合的 选用	122	10.3.1 圆锥公差	160
7.2.3 轴承配合表面的形位公差和表面 粗糙度要求	125	10.3.2 圆锥公差的选用	162
7.2.4 轴承配合的应用示例	126	10.4 圆锥的检测	163
本章小结	127	10.4.1 绝对测量法	163
思考与练习题	128	10.4.2 比较检验法	165
第8章 键与花键连接的公差与检测	129	10.4.3 间接测量法	165
8.1 平键连接的公差与配合及检测	129	本章小结	166
8.1.1 平键连接的公差与配合	129	思考与练习题	167
8.1.2 平键连接的检测	132	第11章 渐开线圆柱齿轮传动的公差 与检测	168
8.2 花键连接的公差与配合及检测	133	11.1 概述	168
8.2.1 花键连接的公差与配合	133	11.1.1 对圆柱齿轮传动的基本要求	168
8.2.2 花键的检测	137	11.1.2 齿轮的主要加工偏差	169
本章小结	138	11.2 齿轮偏差的评定和检测	171

11.2.1 影响传递运动准确性的偏差 (第I公差组)与检测	171	11.4.3 综合应用举例	196
11.2.2 影响传动平稳性的偏差 (第II公差组)与检测	176	本章小结	198
11.2.3 影响载荷分布均匀性的偏差 (第III公差组)与检测	180	思考与练习题	198
11.2.4 影响侧隙的偏差与测量	182	第12章 尺寸链基础	200
11.3 齿轮副和齿坯的精度及评定参数	184	12.1 概述	200
11.3.1 齿轮副精度的评定参数	184	12.1.1 尺寸链的含义	200
11.3.2 齿轮副侧隙及齿厚极限偏差的选择 及评定	186	12.1.2 尺寸链的组成	201
11.3.3 齿坯精度的确定	189	12.1.3 尺寸链的分类	201
11.4 渐开线圆柱齿轮精度标准	191	12.2 尺寸链的建立和计算	202
11.4.1 齿轮的精度等级	191	12.2.1 尺寸链的确定	202
11.4.2 齿轮精度在图样上的标注	195	12.2.2 尺寸链的计算	202
		本章小结	208
		思考与练习题	208
		参考文献	210

第1章 绪 论

本章基本要求

(1) 本章主要内容

互换性、加工误差与公差，标准和标准化，优先数和优先数系。

(2) 本章基本要求

① 理解互换性的概念、意义及优先数系。

② 了解标准化的作用。

(3) 本章重点、难点

互换性、公差、优先数系，标准和标准化。

1.1 互换性的概念、分类及作用

1.1.1 互换性的概念

互换性是指同一规格的零部件（零件、部件、构件）不需要作任何挑选、调整或修配，就可以相互替换且性能不变。具有这种零部件特性的称之为互换性。在实际生产活动中，当设备的某一零部件损坏时，我们只需更换同规格的新零部件即可，所以互换性给产品的设计、制造和使用维修都带来了极大的方便，为机械加工和装配的机械化、自动化提供了良好的平台。

1.1.2 互换性的分类

零部件的互换性按互换范围可分为功能互换和几何参数互换两种，也称为广义互换和狭义互换。功能互换是指零部件的几何参数、物理性能、化学性能、力学性能等方面都具有互换性。几何参数互换主要是指零部件的尺寸、几何形状、相互的位置关系及表面粗糙度等参数具有互换性。本课程只讨论几何参数互换性。

零部件的互换性按互换程度分为完全互换和不完全互换两种。

(1) 完全互换

完全互换就是一批零部件无需分组、选配和修配，只要装配即可满足设计要求。

(2) 不完全互换

不完全互换也称有限互换，当零部件要求制造精度较高时，批量生产将增加加工成本和加工难度，这时即可根据精度要求、结构特点和生产批量的大小等具体条件，采用分组互换法、修配法、调整法等不完全互换法加以解决。

① 分组互换法 为了便于加工，适当放宽零部件的加工精度要求，待加工完成后，按零部件的实际尺寸测量数据，将零部件按不同尺寸规格分为若干组，使每组零部件之间的实际尺寸差别减小，装配时按相应组别进行装配，如大孔配大轴、小孔配小轴。此时组内零部件可互换，组间零部件不可互换。

② 修配法 在装配时允许用补充机械加工或钳工修刮等办法来获得所需零部件精度要

求的方法,称为修配法。

③ 调整法 用移动或更换某些零件以改变其位置、尺寸的方法来达到所需的精度,称为调整法。

不完全互换法一般只限于零部件在制造厂内装配时使用,对厂外协作,一般则采用完全互换。

对于标准部件,互换性又可分为内互换和外互换。内互换是指组成标准部件的零件之间的互换,如滚动轴承的外圈内滚道、内圈外滚道与滚动体的互换就是内互换。而标准部件中的零部件与其他零部件之间的互换即为外互换,如滚动轴承外圈外径与其相匹配的外壳孔、内圈内径与其相匹配的轴颈之间的互换则为外互换。

1.1.3 互换性在机械制造中的作用

在现代机械制造业中,互换性在设计、制造、使用、维修等方面至关重要,是专业化生产的前提条件。互换性不仅在大批量生产中被广泛采用,而且逐步向小批量、多品种综合生产系统转移,其主要作用表现在以下几方面。

从设计的角度出发,最大限度地采用具有互换性的标准件、通用件可减少设计过程中的设计、计算、制图等工作量,缩短设计周期,并且便于CAD的应用。

在制造方面,零部件具有互换性则有利于专业化生产,可以组织流水线和自动化生产线等先进的生产方式。做到分散加工、集中装配,既能保证质量,又可提高生产效率、降低生产成本。

在使用维修方面,由于零部件具有互换性,可方便更换磨损或损坏的零部件,减少机械的维修时间和费用,提高设备的利用率。在现代化机械设备中,尤其是重要的大型技术装备和军用装备,为保持其使用的连续性和持久性,保持零部件的互换性是绝对必要的,互换性原则已成为现代机械制造领域中一个普遍遵守的基本的技术经济原则。

1.2 加工误差与公差

1.2.1 加工误差与公差的含义

加工误差就是加工完成的零部件实际几何参数与设计理想值的偏差程度,这种偏差由工艺系统中多种原因引起。如工件装卡定位误差;加工方法的原理误差;机床本身精度误差;夹具、刀具磨损程度,加工过程中的受热、受力变形、摩擦振动及加工过程中测量误差等。要达到理想的互换性要求,就是同一规格的零部件的几何参数完全相同,而在实际生产中,由于上述因素的限制,这种理想是不能实现的,也是不必要的,实际上只要几何参数的误差控制在一定范围内,就能满足互换性的要求,这里零部件几何参数允许的变动范围称为公差。公差是由设计者确定的,并把它在图纸上明确表示出来,也就表明,互换性要用公差来保证,也可以说,要使零部件具有互换性,就必须按“公差”加工,公差是允许的最大误差,公差控制误差,工件的误差在公差范围内,为合格产品,超出了公差范围,则为不合格产品。

1.2.2 几何量误差

零部件在机械加工过程中所产生的误差称为几何量误差,几何量误差可分为尺寸误差、几何形状误差及相互位置误差。

(1) 尺寸误差

零部件加工后的实际尺寸与理想尺寸(即图样上标注的尺寸公差带的中心值)之差称为

尺寸误差。

(2) 几何形状误差

几何形状误差是指加工的零部件的实际表面形状与设计形状的偏差程度。一般分以下3种情况。

① 宏观几何形状误差 宏观几何形状误差是指零部件加工后的实际表面形状与理想形状的形状误差，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，如图 1-1(a) 所示。孔、轴横截面的理想形状是正圆形，而加工后的实际形状为非正圆形。

② 微观几何形状误差 一般称为表面粗糙度，它是在加工过程中，刀具或模具在工件表面留下的众多微小的高低不平的波形，如图 1-1(b) 所示。

③ 表面波度 表面波度是由于加工过程中的振动所造成的，介于宏观与微观几何形状误差之间的一种表面形状误差，如图 1-1(b) 所示。

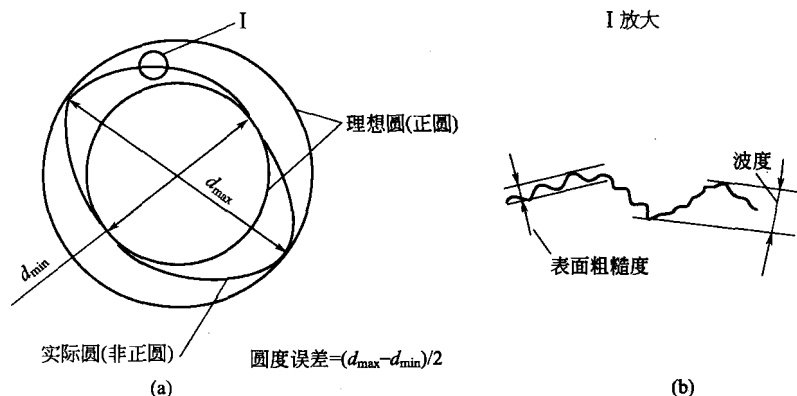


图 1-1 几何形状误差

(3) 相互位置误差

相互位置误差是指加工完成后的零部件的各表面、轴线或对称面之间的相互位置相对其理想位置的差异或偏离程度，如同轴度、位置度等。

1.3 标准和标准化

现代化工业生产的主要特点就是品种多、规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。为使分散的、局部的生产环节能相互协调统一，形成一个有机的整体，达到互换性生产，只有实行统一的标准和标准化的途径来完成，标准化的核心内容是贯彻执行标准，标准则是机械加工与制造的产品在技术上保证一定的统一，是行业共同遵守的准则和依据。

1.3.1 标准和标准化的概念

标准是对重复性事物和概念所作的统一规定，它是以科学技术和生产经验为基础，经相关部门协商、统一制定、以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据，具有法制性，是技术法规，不得随意修改和拒不执行。

标准化是指标准产生的全部活动过程，包括从调查标准化对象开始，经试验、分析和综合归纳，制定、发布、贯彻实施以及不断修订标准。

标准化是组织现代化大规模生产的重要手段，是实现专业化协作生产的必要前提，是科

学管理的主要组成部分,是整个社会经济合理化的技术基础,是国家现代化水平的重要标志之一。

(1) 国际标准化发展的历史

标准化早在人类集中生产的早期就产生了,它是社会化生产的产物,如我国早在秦朝,就有了统一度量衡,而现代标准化始于英国伦敦以生产剪羊毛机为主的纽瓦尔公司于1902年编制出版的极限表,是现代历史上最早的极限与配合标准。在20世纪30年代前后,德国颁布了德国标准(DIN),最早采用了基孔制和基轴制,提出了公差单位的概念,将精度等级和配合分开,并规定了20℃为标准温度。1926年国际标准化协会(ISA)诞生,1935年颁布了国际公差制ISA的草案,1947年重建国际标准化组织(ISO),1962年颁布ISO/R 286—1962极限与配合制,1969年ISO理事会决定10月14日为“世界标准日”,1978年我国恢复为ISO成员国,自1982年起我国连续几届为ISO理事国,并已开始承担ISO技术委员会秘书处工作和国际标准起草工作。现在ISO已成为联合国甲级咨询机构,据统计,ISO已制定了8000多个国际标准。此外,从全球角度来说,除国际标准外,还有国际区域化标准,它是由国际地区(或国家集团)性组织组成,如欧洲标准化委员会(CEN)及欧洲电工化委员会(CENELEC)等制定发布的标准化。

(2) 我国标准化发展的历史

自新中国成立后,我国开始沿袭了一部分旧有标准,在互换性标准方面,我国自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,在我国将标准定为四个级别,即国家标准、行业标准、地方标准、企业标准,在全国范围内统一制定的标准为国家标准,如代号GB、GB/T、GB/Z。在全国同一行业内制定的标准为行业标准,如机械行业标准,JB或JB/T等。对没有国家标准及行业标准又需在某个范围内统一技术要求的则可在省、自治区、直辖市范围内制定标准即地方标准,如DB、DB/T、QB,在企业内部制定的标准为企业标准。我国国家标准和行业标准又分为强制性标准和推荐性标准两大类。强制性标准是在法律框架下强制执行的。各级别标准遵循程度为国家标准大于行业标准大于地方标准大于企业标准,依次递减,后三个级别的标准不得与国家标准相抵触。

1.3.2 优先数和优先数系

优先数和优先数系是对各种技术参数的数值进行简化、协调和统一的一种科学的数值制度,也是国际上统一的数值分级制度,它适于各种数值的分级。在我国进行一项机械产品设计时,首先要确定一系列技术参数,这些参数不是孤立的,而是按一定的规律向一切相关的制品、材料、测量工具等有关参数指标传播、扩散。如当加工一个螺栓,在确定螺栓直径参数后,就会传播到螺母的直径上,也会传播到加工螺纹所需的丝锥、板牙上,同时还传播到螺栓孔的尺寸及加工螺栓孔的钻头的尺寸及螺栓、螺母螺纹的检测量具及装配工具上,这种技术参数的传播,在机械加工生产过程中非常普遍,即使很小的技术参数差别,经多次传播以后,也会造成尺寸规格的繁多杂乱,给生产、协作配套及使用维修等带来极大不便。为使产品的参数选拔能遵守统一的规定,就必须对各种技术参数的数值做出统一规定,《优先数和优先数系》国家标准(GB/T 321—2005)就是其中最重要的一个标准,在确定工业产品技术参数时,要求尽可能采用它。

(1) 优先数系

工程技术上采用的优先数系,是一种十进制几何数。即级数的各项数值中,包括1,

10, 100, ..., 10^N 和 0.1, 0.01, ..., $1/10^N$ 这些数, 其中的指数 N 是整数。对每个十进制再进行细分, 设计、使用时必须选择优先数列中的某一项值。

根据国家标准 (GB/T 321—2005) 规定了 5 个不同公比的十进制近似等比数列, 作为优先数系。各数列分别用 R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 、 R_{80} 表示, 依次称为 R_5 系列、 R_{10} 系列、 R_{20} 系列、 R_{40} 系列、 R_{80} 系列。其中 R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 是常用系列, 而 R_{80} 则作为补充系列。几何级数的数系是按一定的公比 q 来排列每一项数值的, 它们的公比数列是:

R_5 系列为以 $\sqrt[5]{10} \approx 1.60$ 为公比形成的数系;

R_{10} 系列为以 $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$ 为公比形成的数系;

R_{20} 系列为以 $\sqrt[20]{10} \approx 1.12$ 为公比形成的数系;

R_{40} 系列为以 $\sqrt[40]{10} \approx 1.06$ 为公比形成的数系;

R_{80} 系列为以 $\sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 为公比形成的数系。

优先数系的五个系列中任一项值均为优先数。按公比计算得到的优先数的理论值, 除 10 的整数幂外, 都是无理数, 工程技术上不能直接应用。实际应用的都是经过圆整后的近似值, 根据圆整的精确程度, 可分为:

① 计算值: 取五位有效数字, 供精确计算用。

② 常用值: 经常使用的通常所称的优先数, 取三位有效数字。

范围 1~10 的优先数系列如表 1-1 所示, 所有大于 10 的优先数均可按表列数乘以 10, 100...求得, 所有小于 1 的数均可按表列数乘以 0.1, 0.01...求得。

表 1-1 优先数系的基本系列 (GB/T 321—2005)

R_5	R_{10}	R_{20}	R_{40}	R_5	R_{10}	R_{20}	R_{40}	R_5	R_{10}	R_{20}	R_{40}
1.00	1.00	1.00	1.00	2.50	2.50	2.50	2.50	6.30	6.30	6.30	6.30
			1.06				2.65				6.70
		1.12	1.12			2.80	2.80			7.10	7.10
			1.18				3.00				7.50
	1.25	1.25	1.25		3.15	3.15	3.15		8.00	8.00	8.00
			1.32				3.35				8.50
		1.40	1.40			3.55	3.55			9.00	9.00
			1.50				3.75	10.00	10.00	10.00	10.00
1.60	1.60	1.60	1.60	4.00	4.00	4.00	4.00				
			1.70				4.25				
		1.80	1.80			4.50	4.50				
			1.90				4.75				
	2.00	2.00	2.00		5.00	5.00	5.00				
			2.12				5.30				
		2.24	2.24			5.60	5.60				
			2.36				6.00				

(2) 派生系列

当 R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 、 R_{80} 5 个系列不能满足要求时, 可采用派生系列。派生系列是以 R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 、 R_{80} 5 个系列中, 每隔 p 项值导出的系列, 其公比为:

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

代号为 $R_{r/p}$, 其中 r 代表 5、10、20、40、80。例如 $R_{20/3}$ 表示从 R_{20} 系列中, 每隔 3 项取值导出的系列, 该系列为..., 1, 2, 4, 8, 16, ...; $R_{10/3}$ (... , 10, ...) 表示含有项值 10 并向两端无限延伸的派生系列; $R_{20/4}$ (112, ...) 表示以 112 为下界的派生系列; $R_{5/2}$ (1, ..., 10000) 表示以 1 为下界、10000 为上界的派生系列。

1.4 技术检测

几何量的检验和测量是零部件成品精度的重要保证,是实现互换性不可缺少的重要措施,检测技术的提高与机械加工精度的提高是相辅相成的,一方面,高的加工精度依赖于先进的测量技术来体现和验证;另一方面,加工精度的提高又促进了测量技术的发展。

检测是机械制造产品能否使用的最终判断。检测不单纯是评定产品质量,同时根据数据分析,可用于分析产品不合格的原因,便于及时调整加工工艺,合理地确定公差与正确地进行检测,是现代化工业生产的技术保证。

当今我国在科技水平日益提高的同时,计量器具制造业也有了长足的发展,可生产多种计量仪器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、立式光学比较仪等,测量精度可达纳米级,测量空间由二维发展到三维。此外,我国研制的激光光电比长仪、激光丝杆动态检查仪、光栅式齿轮整体误差测量仪、碘稳频 612 激光器、无导轨大长度测量仪等已达到世界先进水平。由于计算机在几何量检测领域的应用,计算仪器微机化,实现了数据的自动采集、处理。计算机辅助精度设计,利用计算机来完成公差数据的管理、相关零件公差的分配和各种公差的选取等,不仅提高了工作效率,也保证了设计精度。

本章小结

本章主要掌握以下内容:

掌握互换性概念、分类。掌握加工误差与公差的区别。掌握标准化、优先数系的基本知识。了解测量技术的基本知识。

互换性是指同一规格的零部件(零件、部件、构件)不需要作任何挑选、调整或修配,就可以相互替换且性能不变。具有这种零部件特性的称之为互换性。

加工误差就是加工完成的零部件实际几何参数与设计理想值的偏差程度,这种偏差由工艺系统中多种原因引起。

零部件几何参数允许的变动范围称为公差。互换性要用公差来保证,公差控制误差,工件的误差在公差范围内,为合格产品,否则为不合格产品。

标准是对重复性事物和概念所作的统一规定,是技术法规。标准化是指标准产生的全部活动过程,标准化是组织现代化大规模生产的重要手段,是实现专业化协作生产的必要前提,是国家现代化水平的重要标志之一。

优先数和优先数系是对各种技术参数的数值进行简化、协调和统一的一种科学的数值制度。

几何量的检验和测量是零部件成品精度的重要保证,是实现互换性不可缺少的重要措施。

思考与练习题

1-1 举例说明互换性原则在现代化制造业中的作用。

1-2 完全互换与不完全互换有何区别,试说明具有互换性的零件,其几何参数必须制成绝对准确和一致吗?为什么?

1-3 试述标准化的意义。

1-4 试述优先数系的优点, R_5 、 R_{40} 系列各表示什么意义。

1-5 试述在机械制造过程中进行检测的重要性。

第2章 测量技术基础

本章基本要求

(1) 本章主要内容

本章主要研究对零件的几何参数进行测量和检验的问题。检验和测量可以概括为检测。正确进行检测,能够保证产品质量及互换性生产。要进行检验就必须保证计量单位的统一,在全国范围内规定严格的量值传递系统以及相应的测量方法和测量器具,以保证必要的测量精度。测量精度和测量误差是从两个不同角度说明了同一个概念。造成测量误差的因素主要有计量器具误差、测量方法误差和测量环境误差等。测量误差的种类可以分为随机误差、系统误差和粗大误差三种。随机误差和系统误差均有一定的规律,是不可避免的误差,但可以通过相应的方法来减小测量的误差。粗大误差是可以避免产生的。由于测量误差的存在,所以必须对测量结果进行数据处理,找出被测量最可信的数值以及评定这一数值所包含的误差。保证测量结果的置信概率为99.73%。另外,在测量的时候也要注意合理地使用测量器具,正确地运用公式等。

(2) 本章基本要求

- ① 掌握测量方法的选用、测量误差的判断。
- ② 能够正确地使用量块,掌握检验与测量的区别。

(3) 本章重点难点

本章重点掌握测量方法及测量误差;难点在于掌握量块的使用以及计量器具的度量指标。

2.1 测量技术的基本概念

2.1.1 测量技术的概念

在机械制造行业中,测量技术主要是研究机器或仪器上的零部件加工后是否符合设计图样(零件图)的技术要求,从而保证其精度和互换性。那么就需要经过测量来判定。所以测量是指为确定被测几何量的量值而进行的操作试验过程。测量的实质是将被测几何量 L 与作为计量单位的标准量 E 进行比较,从而获得两者的比值 q 的过程,即 $q=L/E$ 。

由上述公式可知,被测量量值的精度与标准量 E 有关,而且根据测量的概念可知,一个完整的测量过程包括测量对象、计量单位、计量方法和测量精度四个方面。

(1) 测量对象

在本课程中测量对象主要指几何量,包括长度、角度、表面形状和位置误差、表面粗糙度、螺纹和齿轮等零件的几何参数等。

(2) 计量单位

现各国所使用的长度单位有公制和英制两种,我国实行公制单位。长度的基本单位为米,符号为m。1983年,第十七届国际计量大会正式通过米的定义如下:“米是光在真空中 $(1/299\,792\,458)s$ 时间间隔内所经路径的长度。”

常用的角度计量单位有弧度 (rad)、度 ($^{\circ}$)、分 ($'$)、秒 ($''$)。度、分、秒的关系采用 60 等分制, 即 $1^{\circ}=60'$ 、 $1'=60''$ 、 $1^{\circ}=0.0174533\text{rad}$ 。

(3) 测量方法

在进行测量时所采用的测量器具、测量原理以及测量条件的总和统称为测量方法。测量条件即被测零件和测量器具所处的环境, 如温度、震动和灰尘等。

(4) 测量精度

最终测量结果与被测量真值的一致程度。当测量结果越接近真值, 测量的精度越高, 反之测量精度越低, 测量的准确才能保证互换性生产的顺利进行, 所以测量技术的基本要求是:

- ① 在测量过程中, 应保证计量单位的统一和量值的准确;
- ② 应将测量误差控制在允许范围内, 以保证测量结果的精度;
- ③ 应正确、经济、合理地选择计量器具和测量方法, 以保证一定的测量条件。

结合测量技术, 分析零件加工工艺, 积极采取措施, 避免废品的产生。为了确定被测量是否达到预期要求的测量称为检验, 只有通过检测才能判定零件是否合格, 但是不一定得出具体量值。

检验与测量概念相似, 但是检验的含义更广一些。例如, 对金属内部缺陷的检验就不能用测量。

2.1.2 长度基准和量值传递

(1) 长度基准

为了进行长度的测量, 必须建立统一可靠的长度单位基准。我国所使用的计量单位为米制。采用碘吸收稳定的 $0.633\mu\text{m}$ 氦氖激光辐射作为波长标准来复现“米”的定义。常用的长度单位有米 (m)、毫米 (mm)、微米 (μm)、纳米 (nm)。 $1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$, $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$, $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ 。

(2) 尺寸传递

在实际生产和科学研究中, 不使用光波作为长度基准进行测量, 而是采用各种计量器具进行测量。为了保证量值的统一, 必须把长度基准的量值准确地传递到生产中应用的计量器具和工件上去, 因此必须建立一套从长度的最高基准到被测工件的严密完整的长度尺寸传递系统。量块 (端面量具) 和线纹尺 (线纹量具) 是实现光波长度到测量实践之间的尺寸传递媒介, 其中以量块为媒介的传递系统应用较广, 长度尺寸的传递系统如图 2-1 所示。

2.1.3 量块的基本知识

量块是没有刻度的横截面为矩形的平面平行端面量具。量块除了作为长度基准的传递媒介以外, 也可以用于计量器具的校准和鉴定, 精密设备的调整、精密划线和精密工件测量等。

(1) 量块的材料、形状和尺寸

量块是用特殊合金钢或陶瓷制成, 具有线胀系数小、不易变形、硬度高、耐磨性好、工作面粗糙度值小以及研合性好等特点。

量块的形状通常为长方形六面体, 如图 2-2 所示, 它有 2 个测量面和 4 个非测量面。标称长度 (标称在量块上的尺寸值, 也叫做名义尺寸) 小于 6mm 的量块, 尺寸值标记在测量面上; 尺寸值大于 6mm 的量块, 尺寸值标记在非工作面上。尺寸小于 10mm 的量块, 其截面尺寸为 $30\text{mm}\times 9\text{mm}$, 尺寸为 10~1000mm 的量块截面尺寸为 $35\text{mm}\times 9\text{mm}$ 。

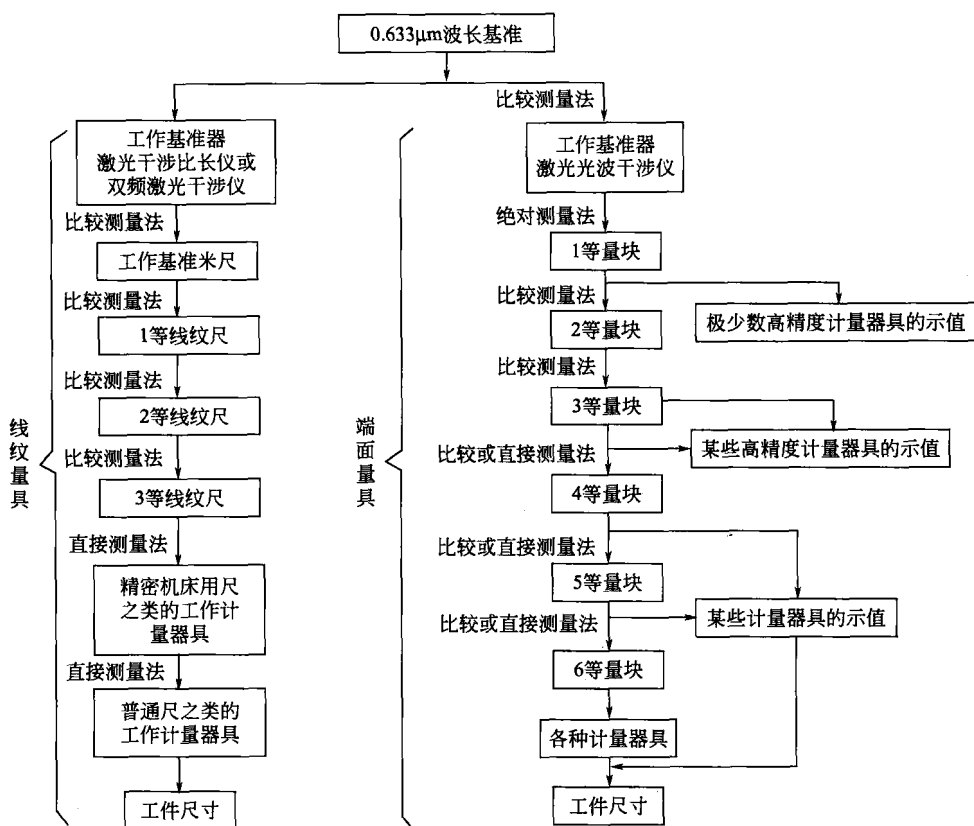


图 2-1 长度量值传递系统

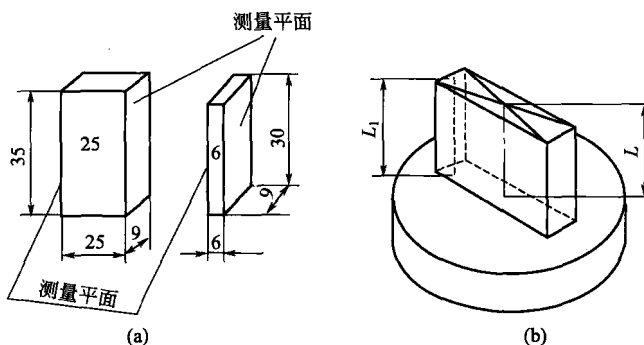


图 2-2 量块

如图 2-2 所示，量块中心长度 L 是指量块的一个测量面上中心点至相研合的辅助体表面之间的垂直距离；量块的长度 L_1 是指量块上测量面上任意一点到与下测量面研合的平晶表面之间的垂直距离；量块长度变动量是指量块测量面上最大量块长度和最小量块长度之差。

(2) 量块的精度

为满足不同的使用场合，量块可做成不同的精度等级，GB/T 6093—2001 规定量块的精度可划分为“级”和“等”两种。量块的制造精度分为 00、0、1、2、3 级五个级别，其中 00 级的精度最高，精度依次降低，3 级精度最低，此外还有一个校准级——K 级。各级量块长度的极限偏差和长度变动量允许值见表 2-1。

表 2-1 各级量块的精度指标 (摘自 GB/T 6093—2001)

标称长度/mm	00 级		0 级		K 级		1 级		2 级		3 级	
	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②
	允许值/ μm											
~10	0.06	0.05	0.12	0.10	0.20	0.16	0.45	0.30	1.0	0.50	0.20	0.05
>10~25	0.07	0.05	0.14	0.10	0.30	0.16	0.60	0.30	1.2	0.50	0.30	0.05
>25~50	0.10	0.06	0.20	0.10	0.40	0.18	0.80	0.30	1.6	0.55	0.40	0.06
>50~75	0.12	0.06	0.25	0.12	0.50	0.18	1.00	0.35	2.0	0.55	0.50	0.06
>75~100	0.14	0.07	0.30	0.12	0.60	0.20	1.20	0.35	2.5	0.60	0.60	0.07
>100~150	0.20	0.08	0.40	0.14	0.80	0.20	1.60	0.40	3.0	0.65	0.80	0.08
>150~200	0.25	0.09	0.50	0.16	1.00	0.25	2.00	0.40	4.0	0.70	1.00	0.09
>200~250	0.30	0.10	0.60	0.16	1.20	0.25	2.40	0.45	5.0	0.75	1.20	0.10
>250~300	0.35	0.10	0.70	0.18	1.40	0.25	2.80	0.50	6.0	0.80	1.40	0.10

① 量块的标称长度偏差 (极限偏差士)。

② 长度变动量的允许值。

根据量块中心长度的极限偏差和测量面的平面度公差精度指标, 量块的检定精度分为 1、2、3、4、5、6 六个等, 其中 1 等的精度最高, 用高一等的量块作为检定低一等量块的基准, 一等一等地将尺寸传递下去, 直至传递到工件, 6 等的精度最低, 如表 2-2 所示。

表 2-2 各级量块的精度指标 (摘自 JJG 2056—1990)

标称长度/mm	1		2		3		4		5		6	
	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②
	允许值/ μm											
~10	0.05	0.10	0.07	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.50	0.40	1.00	0.40
>10~18	0.06	0.10	0.08	0.10	0.15	0.20	0.25	0.20	0.60	0.40	1.00	0.40
>18~35	0.06	0.10	0.09	0.10	0.15	0.20	0.30	0.20	0.60	0.40	1.00	0.40
>35~50	0.07	0.12	0.10	0.12	0.20	0.25	0.35	0.25	0.70	0.50	1.50	0.50
>50~80	0.08	0.12	0.12	0.12	0.25	0.25	0.45	0.25	0.80	0.55	1.50	0.50
>80~120	0.10	0.15	0.15	0.15	0.30	0.30	0.60	0.30	1.00	0.60	2.00	0.60
>120~180	0.12	0.15	0.20	0.15	0.40	0.30	0.75	0.30	1.20	0.60	2.50	0.60
>180~250	0.15	0.15	0.30	0.20	0.50	0.40	1.00	0.40	1.60	0.80	3.50	0.80
>250~300	0.20	0.15	0.35	0.20	0.70	0.40	1.20	0.40	2.00	0.80	4.00	0.80

① 中心长度测量的极限误差 (士)。

② 平面平行性允许偏差。

量块按“级”使用时, 是以量块的标称长度作为工作尺寸, 该尺寸包含了量块的制造误差, 制造误差将被引用到测量结果中去, 但是因为不需要加修正值, 所以使用较方便; 量块按“等”使用时, 是以检定后所给出的量块中心长度的实际尺寸作为工作尺寸, 该尺寸排除了量块制造误差的影响, 仅包含检定时较小的测量误差。虽然按“等”使用量块比按“级”使用在测量上要麻烦一些, 但是由于消除了量块尺寸制造误差的影响, 因此可用制造精度较低的量块进行较精密的测量。量块按“等”使用的测量精度比按“级”使用的测量精度高。