

机械精度 设计基础

甘永力 陈晓华·主编

吉林人民出版社



TH122
26

面向 21 世纪课程教材

机械精度设计基础

甘永力 陈晓华 主编

吉林人民出版社

机械精度设计基础

主 编:甘永力 陈晓华 责任编辑:包兰英

封面设计:陆 路 责任校对:甘永力

吉林人民出版社出版 发行

(中国·长春市人民大街7548号 邮政编码:130022)

印 刷:北京市朝教印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:12.75 字 数:330千字

标准书号:ISBN 7-206-03001-7/T·8

版 次:2005年7月第2版 印 次:2005年7月第1次印刷

印 数:1 000册 定 价:31.90元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂联系调换。

内 容 提 要

《机械精度设计基础》课程即《互换性与测量技术基础》课程。

本书按当前教学改革的需要,以培养学生的综合设计能力为主线,加强了应用性内容。并且全部内容采用相应的我国新的公差标准,力求按教学规律阐述本学科的基本知识,便于自学。

本书共分为绪论,尺寸精度,形状和位置精度,表面微观轮廓精度,滚动轴承及其相配件精度,孔、轴精度的检测,螺纹结合的精度,圆柱齿轮精度,键和花键联结的精度,尺寸链原理在机械精度设计中的应用,机械零件精度设计等 11 章。

本书各章均酌量配置了习题和讲课、解题所需的国家标准公差表格,以配合教学的需要。这些公差表格也可以在后继课程中使用。

本书供高等院校机械类各专业师生在教学中使用,也可作为机械工程技术人员的参考书。

前 言

《机械精度设计基础》课程即《互换性与测量技术基础》课程,是高等学校机械类各专业的
一门重要技术基础课,是原吉林工业大学(现吉林大学)“国家工科机械基础课程教学基地”
的一项重要建设内容。根据基地建设和我校本科教育面向 21 世纪教学内容及程课体系改革
的成果,编写了这本《机械精度设计基础》教材,供机械类各专业师生在教学中使用。

本教材按当前教学改革的需要,以培养学生的综合设计能力为主线,加强了应用性内容,
并全部采用我国新的公差标准。考虑到教材的通用性,我们邀请了长春大学、东北农业大学
和长春光学精密机械学院的本课程教师一起编写本教材。

本书共分绪论,尺寸精度,形状和位置精度,表面微观轮廓精度,滚动轴承及其相配件精
度,孔、轴精度的检测、螺纹结合的精度,圆柱齿轮精度,键和花键结合的精度,尺寸链原理在机
械精度设计中的应用,机械零件精度设计等 11 章;各章均酌量配置了习题和讲课、解题所需要
的国家标准公差表格。

本书由原吉林工业大学甘永立、陈晓华主编。各章作者如下:第一、二、三章陈晓华,第四
章原吉林工业大学侯磊,第五、七、十一章原吉林工业大学寇尊权,第六、九章长春大学于相慧,
第八章东北农业大学王金武,第十章长春光学精密机械学院李校夫。

长春光学精密机械学院冯景武、李丽娟老师参与审稿,谨在此表示衷心的感谢。

本教材是原吉林工业大学“九五”教材建设规划中的重要项目,得到了原吉林工业大学
教材建设基金的资助。

由于我们的水平所限,书中难免存在缺点和错误,欢迎广大读者批评指正。

主 编
2000 年 12 月

目 录

第一章 绪 论

第一节 机械精度设计的研究对象	1	第三节 几何量测量的基本知识	4
一、互换性	2	一、测量值	4
二、公差	3	二、长度量值的传递及量块	5
三、检测	3	三、计量器具的技术性能指标	6
第二节 标准化与优先数系	3	四、测量方法	7
一、标准化与标准	3	习 题	7
二、优先数系及优先数	3		

第二章 尺寸精度

第一节 基本术语及定义	9	三、公差与配合在图样上的标注	20
一、孔和轴的定义	9	四、常用公差带与优先、常用配合	20
二、有关尺寸的术语及定义	9	五、线形尺寸的未注公差	23
三、有关偏差和公差的术语及定义	10	六、大尺寸孔、轴的配制配合	23
四、有关配合的术语及定义	11	第三节 尺寸精度设计	24
五、基准制	13	一、基准制的选择	25
第二节 极限与配合国家标准的构成	14	二、标准公差等级的选择	27
一、标准公差系列	14	三、配合种类的选择	28
二、基本偏差系列	16	习 题	31

第三章 形状和位置精度

第一节 概述	33	第四节 公差原则	49
一、要素的分类	33	一、有关公差原则的一些术语及定义	49
二、形位公差的特征项目及形位公差带	34	二、独立原则	50
第二节 形位公差的标注方法	35	三、相关要求	50
一、被测要素的标注方法	35	第五节 形状和位置精度设计	54
二、基准要素的标注方法	37	一、形状公差特征项目及基准的选择	54
三、形位公差的简化标注	38	二、形位公差值的选择	55
第三节 形位公差带	39	三、未注形位公差的规定	55
一、形状公差带和轮廓度公差带	39	第六节 形状与位置精度的检测	56
二、定向公差带	42	一、形位误差及其评定	56
三、定位公差带	44	二、形状误差值的评定方法	57
四、跳动公差带	47	习 题	59

第四章 表面微观轮廓精度

第一节 表面微观轮廓精度的基本概念	62	第二节 表面微观轮廓精度的评定	63
一、表面微观轮廓误差的界定	62	一、取样长度和评定长度	63
二、表面微观轮廓误差对零件使用性能的影响	62	二、基准线	64
		三、评定参数	64

第三节	表面微观轮廓精度要求在图样上的表示方法	67	第五节	表面微观轮廓精度的验收	70
第四节	表面微观轮廓的粗糙度参数值的选用原则	69	习 题		71

第五章 滚动轴承及其相配件精度

第一节	概述	72	三、滚动轴承与轴颈、外壳孔配合的选择	75	
	一、滚动轴承的组成和分类	72	第三节	滚动轴承相配件精度设计	77
	二、滚动轴承的公差等级及应用	72		一、轴颈和外壳孔的公差带	77
第二节	滚动轴承及其相配件公差带	73		二、轴颈和外壳孔的形位公差和表面粗糙度参数值	77
	一、滚动轴承内、外径公差带的特点	73	习 题		79
	二、滚动轴承相配件公差带	73			

第六章 孔、轴精度的检测

第一节	用普通计量器具测量孔、轴实际尺寸	80	三、光滑极限量规定形尺寸公差带的布置和各项公差	85
	一、验收极限	80	四、光滑极限量规工作部分的极限尺寸的计算及图样标注	86
	二、计量器具的选择	81	五、量规的其他技术要求	86
第二节	用光滑极限量规检验孔、轴	83	习 题	87
	一、光滑极限量规的分类	83		
	二、光滑极限量规的设计原理	84		

第七章 螺纹结合的精度

第一节	普通螺纹结合的使用要求和螺纹的主要几何参数	89	一、螺纹公差带	93	
	一、螺纹结合的使用要求	89	二、螺纹精度等级与旋合长度	95	
	二、螺纹的主要几何参数	89	三、螺纹公差带与配合的选择	95	
第二节	普通螺纹几何参数偏差对互换性的影响	90	四、普通螺纹的标记	96	
	一、中径偏差的影响	91	五、螺纹的表面粗糙度	96	
	二、螺距误差的影响	91	第四节	普通螺纹精度的检测	97
	三、牙侧角偏差的影响	91		一、单项测量	97
	四、保证螺纹互换性的条件	92		二、综合检验	98
第三节	普通螺纹精度设计	93	习 题	99	

第八章 圆柱齿轮精度

第一节	圆柱齿轮精度的概述	100	四、齿轮的侧隙评定指标及其极限偏差	111	
	一、齿轮传动的使用要求	100	第三节	齿轮副的精度指标和侧隙指标	113
	二、齿轮的精度和齿厚极限偏差	101		一、齿轮副的切向综合误差	113
第二节	圆柱齿轮的精度指标和侧隙指标	102		二、齿轮副的一齿切向综合误差	113
	一、齿轮传递运动准确性的影响因素和评定指标	102		三、齿轮副的接触斑点	114
	二、齿轮传动平稳性的影响因素和评定指标	107		四、齿轮副的侧隙	114
	三、齿轮载荷分布均匀性的影响因素和评定指标	110		五、中心距偏差	115
				六、轴线的平行度误差	115
			第四节	圆柱齿轮精度设计	115

一、精度等级的选择	116	四、齿坯公差的确定	118
二、齿厚极限偏差的选择	117	五、应用示例	119
三、齿轮各个公差项目的选择	118	习 题	121

第九章 键和花键联结的精度

第一节 平键联结的精度	123	四、矩形花键的检测	130
一、平键和键槽的尺寸	123	第三节 圆柱直齿渐开线花键联结的精度	131
二、平键联结的精度设计	123	一、渐开线花键的参数和尺寸	131
三、图样标注	124	二、渐开线花键联结的定心方式和配合尺寸	131
四、键和键槽的检测	125	三、内渐开线花键的作用齿槽宽和外渐开线花键的作用齿厚	132
第二节 矩形花键联结的精度	127	四、渐开线花键的精度设计	132
一、矩形花键联结的主要尺寸和定心方式	127	五、图样标注	135
二、矩形花键的精度设计	127	习 题	138
三、图样标注	129		

第十章 尺寸链原理在机械精度设计中的应用

第一节 尺寸链的基本概念	139	二、设计计算	143
一、有关尺寸链的术语及定义	139	三、校核计算	145
二、尺寸链的形式	140	第三节 用大数互换法计算尺寸链	147
三、尺寸链的建立	141	一、大数互换法的计算公式	147
四、尺寸链的计算	142	二、设计计算	148
五、封闭环与组成环基本尺寸的关系	142	三、校核计算	149
第二节 用完全互换法计算尺寸链	142	习 题	150
一、完全互换法的计算公式	143		

第十一章 机械零件精度设计

第一节 典型零件精度设计	151	一、减速器中重要结合面的配合尺寸	159
一、齿轮的精度设计	151	二、特性尺寸	159
二、轴的精度设计	154	三、安装尺寸	160
三、箱体的精度设计	156	习 题	160
第二节 装配图上标注的尺寸和配合代号	159		

附表	165
主要参考文献	192

第一章 绪论

第一节 机械精度设计的研究对象

机械设计通常可分为三部分:机械的运动设计、机械的结构设计和机械的精度设计。

机械的运动设计是根据机械的工作要求,适当地选择执行机构,通过一系列的传动系统组成机器。这个过程主要是以实现机械运动要求为目的的运动方案的设计。机器的运动方案用机构运动简图表示。在机构运动简图中,不考虑构件的截面尺寸和形状。

机械的结构设计是根据机械零件应具有良好的结构工艺性、便于装配与维修、强度高和寿命长等要求所进行的结构设计。机械的结构设计用机械的零件图、装配图表示。

机械的精度设计是根据机械的功能要求,正确地选择机械零件的尺寸精度、形状和位置精度以及表面精度要求而进行的设计。机械的精度设计要求标注在机械的零件图、装配图上。倘若机械零件的设计中没有规定精度要求,那么没有具体精度要求的图样是不合格的图样。

《机械精度设计基础》课程是培养学生如何进行机械精度设计的一门技术基础课。本课程的内容是机械类专业及仪器、仪表专业和近机类专业的学生进行生产实践所要用的基本知识。本课程的主要研究对象是机械零件的互换性、公差及检测。

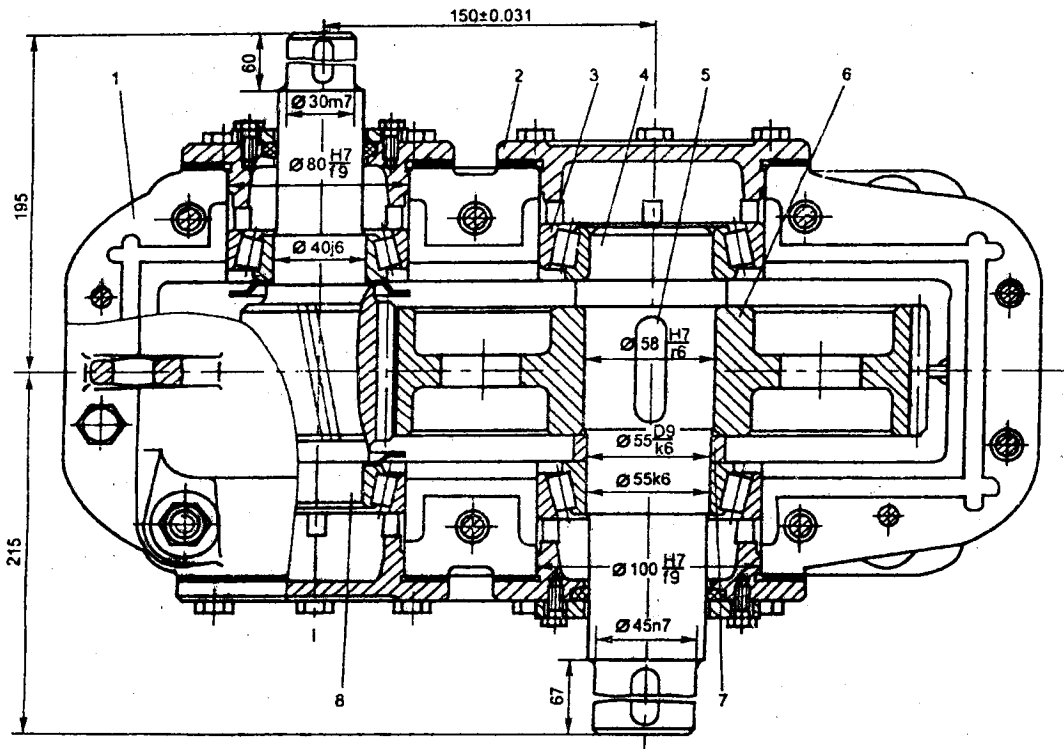


图 1-1 圆柱齿轮减速器

一、互换性

互换性的概念在日常生活中到处都能用到。例如,灯泡坏了,或者自行车、缝纫机、钟表的某个零部件坏了,我们可以换个同规格的新的零部件,即可正常使用。之所以这样方便,是因为这些合格的零部件具有在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。

什么叫机械产品零部件的互换性呢?参见图 1-1 所示的圆柱齿轮减速器,它由箱体 1、端盖(轴承盖)2、滚动轴承 3、输出轴 4、平键 5、齿轮 6、轴套 7、主动轴 8 和螺钉、垫片等许多零部件组成。这些零部件是由不同的工厂和车间制成的。装配时,在制成的同一规格零部件中任取一件,若不经任何挑选或修配,便能与其它零部件安装在一起,构成一台减速器,并且能够达到规定的功能要求,则说这样的零部件具有互换性。

广义地说,互换性是指一种产品、过程或服务代替另一种产品、过程或服务能满足同样要求的能力。对于机械行业,互换性是指同一规格的一批零部件,按规定的技术要求制造或装配,彼此能够相互替代使用,而且效果相同的性能。

互换性的作用为:①在制造方面,有利于专业化生产,有利于采用先进工艺和高效率的专用设备,提高产品质量,降低生产成本。②在设计方面,可最大限度地采用标准件(如平键、三角带)、通用件(如螺钉、螺母、垫片)、标准部件(如滚动轴承),可大大简化绘图和计算,缩短设计周期,有利于计算机辅助设计(CAD)和产品品种多样化。③在使用和维修方面,零部件具有互换性,就能及时更换磨损或损坏了的零部件(如减速器中的滚动轴承),因此可以减少机器的维修时间和费用,保证机器能正常运转,提高机器的使用价值。

总之,互换性在提高产品质量及可靠性、经济性等方面都具有重大的意义。互换性原则已成为现代机械制造业中一个普遍遵守的原则。互换性生产对促进我国的现代化工业生产起着积极的作用。但是,应当指出,互换性原则不是在任何情况下都适用。小批量生产或单件生产中,有时应采用单个配制更符合经济原则。这时零件虽不能互换,但也有精度设计与检测的要求。

在不同的场合,零部件互换的形式和程度有所不同。因此,互换性分为完全互换性和不完全互换性。

完全互换性是零部件装配或更换时不需要挑选或修配,装上即能满足性能要求。例如,对于一批孔和轴装配后的间隙,要求控制在某一范围内,据此规定了孔和轴的尺寸允许变动范围。孔和轴加工后只要符合设计的规定,则它们就具有完全互换性。

不完全互换性是指在零部件装配时附加挑选或调整的要求,可以用分组装配法、调整法或其它方法来实现。

分组装配法是这样一种措施:当机器上某些部位的装配精度要求很高时,例如孔与轴之间的间隙装配精度要求很高,即间隙变动量要求很小时,若要求孔和轴具有完全互换性,则孔和轴的尺寸变化范围就要求很小,这就导致加工困难。这时,可以把孔和轴的尺寸变化范围适当放大,以便于加工。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(孔、轴)的尺寸差别比较小。然后,把对应组的孔和轴进行装配,即大尺寸组的孔与大尺寸组的轴装配,小尺寸组的孔与小尺寸组的轴装配,从而达到装配要求。采用分组装配时,对应组内的零件可以互换,而非对应组之间则不可以互换,因此零件的互换范围是有限的。

调整法也是一种保证装配精度的措施。调整法的特点是在机器装配或使用过程中,对某一特定零件按所需要的尺寸进行调整,以达到装配精度要求。例如,图 1-1 所示减速器中端盖与箱体间的调整垫片,在装配时用作调整,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,避免轴在工作时弯曲。

一般说来,对于厂际协作,应采用完全互换性。至于厂内生产的零部件的装配,可以采用不完全互换法。

二、公差

在加工零件的过程中,由于种种因素的影响,零件各部分的尺寸、形状、方向和位置以及表面粗糙程度等几何量难以达到理想状态,总是有或大或小的误差。而从零件的功能看,不要求零件几何量制造得绝对准确,只要求零件的几何量在某一规定范围内变动,保证同一规格零件彼此充分近似。几何量允许的变动量就叫做公差。

几何量公差主要是指机械零件的尺寸公差、形状和位置公差以及表面粗糙度。

公差是设计所提出的要求,是机械精度设计的具体数值体现。公差标注在图样上。公差是互换性的保证。在满足功能要求的前提下,公差应尽量规定的大些,以获得最佳的技术经济效益。

三、检测

要实现互换性,除了合理地规定公差之外,还必须对加工后的零件的几何量加以检验或测量,以判断它们是否符合设计要求。检验的特点是:检验的结果只能确定被测几何量是否在规定的极限范围之内(即是否合格),而不能获得被测几何量的具体数值,例如,用光滑极限量规检验孔、轴。测量的特点是:测量的结果能获得被测几何量的具体数值,例如,用千分尺测量轴直径的大小。

第二节 标准化与优先数系

在现代工业社会化的生产中,要实现互换性生产,就必须制定各种标准,以利于各部门的协调和各生产环节的衔接。

一、标准化与标准

标准化是制定标准和贯彻标准的全过程,是互换性生产的基础。标准的制定离不开环境的限定,通过一段时间的执行,要根据实际使用情况,对现行标准加以修订或更新。所以,我们在执行各项标准时,应以最新颁布的标准为准则。

标准是指在一定范围内使用的统一规定,是人们活动的依据。

机械行业主要采用的标准有国际标准、国家标准、地方标准、行业标准、企业标准等。国际标准用符号 ISO 表示,ISO 是国际标准化组织的英文缩写。国家标准用符号 GB 表示,GB 是国家标准的汉语拼音字头。国家标准分为两类:必须执行的标准(记为 GB)和推荐执行的标准(记为 GB/T)。

二、优先数系及优先数

在设计机械产品和制定标准时,常常要和数值打交道。机械设计中常需要选定一个数值作为某种产品的参数指标,这个数值会按照一定的规律影响并限定了有关的产品尺寸,这就是所谓的数值传播规律。例如,图 1-1 所示减速器箱体的紧固螺钉按受力载荷算出所需的公称直径之后,则箱体的螺孔数值一定,与之相配套的垫片尺寸,加工用的钻头、铰刀、丝锥与板牙的尺寸、检测用的量规等也随之而定。

由于数值如此不断关联,不断传播,涉及到许多部门和领域。因此技术参数的数值不能随意选择,而应在一个理想的、统一的数系中选择,用统一的数系来协调各部门的生产,这个统一

的数系就是优先数系。

国标 GB 321 - 80《优先数和优先数系》采用十进制等比数列作为优先数系。优先数系的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$ ，并规定了五个系列 ($r = 5, 10, 20, 40, 80$)，分别用系列符号 R5、R10、R20、R40、R80 表示，称为 R_r 系列。其中 R5、R10、R20、R40 称为基本系列，R80 称为补充系列。优先数系中每个数值称为优先数。表 1-1 给出了基本系列的数值。

表 1-1 优先数系的基本系列(常用值)(摘自 GB321-80)

R 5	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30	10.00					
R10	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00
R20	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	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			

基本系列和补充系列具有如下规律：

1. 延伸性

移动小数点位置，可将数列向两侧无限延伸，即按优先数系的公比，系列中的优先数数值每隔 r 项增加到 10 倍或减小到 $1/10$ 。

2. 包容性与插入性

包容性是指 R5、R10、R20、R40 系列分别包容在 R10、R20、R40、R80 系列中。插入性是指 R10、R20、R40、R80 系列是分别由 R5、R10、R20、R40 系列中相邻两项之间插入一项形成的。

3. 相对差值不变性

相对差值不变性是指同一优先系列中，相邻两项的后项减前项与前项的比值不变。这样有利于产品的分级、分档。

为了使优先数系有更大的适应性，可以从 R_r 系列中，每逢 p 项取一个优先数组成新的数列，它称为派生系列，记为 R_r/_p。派生系列首项取值不同，所得的派生系列也不同。例如，R10/3 是在 R10 系列中每逢 3 项取一个优先数而形成，例如：

1.00, 2.00, 4.00, 8.00

1.25, 2.50, 5.00, 10.00

选用基本系列时，应遵循先疏后密的原则，即应按照 R5、R10、R20、R40 的顺序选取，以免规格过多。当基本系列不能满足分级要求时，可选用补充系列或派生系列。

第三节 几何量测量的基本知识

几何量的测量是指为了确定被测几何量的量值而进行的实验过程。

一、测量值

任何几何量的测量值 x ，都可由表征几何量的数值 q 和该几何量的计量单位 E 的乘积来表示，即

$$x = qE \quad (1-1)$$

例如,用卡尺测得某轴直径为 40.3mm,这里 mm 为计量单位,数字 40.3 是以 mm 为计量单位时,该几何量的数值。

一个完整的几何量测量过程应包括四个要素:被测对象、计量单位、测量方法、测量精度。

被测对象——包括长度(线形尺寸)、角度、形状、相对位置和表面粗糙度以及螺纹、齿轮的几何参数等。就被测零件来说,应考虑到它的大小、重量、批量、精度要求、形状复杂程度和材料等因素对测量的影响。

计量单位——是用以标定同类量值的标准量。我国颁布的法定计量单位中,对几何量来说,长度的基本单位为米(m),角度的单位为弧度(rad)以及度(°)、分(')、秒(")。

机械制造中常用的长度计量单位是毫米(mm);在精密测量中采用的长度计量单位是微米(μm), $1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm} = 10^{-6}\text{m}$;在超精密测量中采用的长度计量单位是纳米(nm), $1\text{nm} = 10^{-3}\mu\text{m}$ 。

机械制造中常用的角度计量单位是弧度(rad)、微弧度(μrad)和度、分、秒。 $1\mu\text{rad} = 10^{-6}\text{rad}$, $1^\circ = 0.0174533\text{rad}$ 。

测量方法——是根据给定的测量原理,在实施测量中运用该测量原理和实际操作,以获得测量数据和测量结果。

测量精度——是指被测几何量的测量结果与其真值相一致的程度。测量结果与被测量的真值之间的差值叫作测量误差。在测量过程中,由于各种因素的影响,不可避免地会产生测量误差。在实际测量时,应当选择适当的测量仪器,采用正确的测量方法,尽量减小测量误差,以使测量值趋近于真值。

二、长度量值的传递及量块

按照 1983 年第十七届国际计量大会通过的决议,米的定义为:米是光在真空中于 $1/299792458$ 秒的时间间隔内所传播的距离。用光波的波长作为长度基准,不便于在生产中直接应用。为了保证量值的准确和统一,必须把长度基准的量值准确地传递到生产中所应用的计量器具和工件上。

长度量值由国家基准波长开始,可以通过两个平行系统(线纹量具、端面量具)平行向下传递。

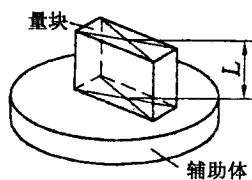


图 1-2 量块及相研合的辅助体

参看图 1-2,量块(又称块规)是没有刻度的两平面平行的端面量具,用特殊合金钢制成,具有线膨胀系数小、不易变形、耐磨性好等特点,是长度量值传递系统中重要的媒介。它除了作传递长度量值的基准之外,还可用来调整仪器、调整机床或直接检测工件。

量块通常制成长方六面体,其上有两个非常光滑平整的平行测量面。这两个测量面间具有精确的尺寸,量块与量块的测量面之间具有研合性。

为了满足不同应用场合的需要,国家计量局标准 JJG 146—94《量块检验规定》对量块有如下规定。

1. 量块的分级

量块按制造精度分为六级:00、0、K、1、2、3 级,其中 00 级精度最高,精度依次降低,3 级的

精度最低,K 为校准级,主要用于校准 0、1、2 级量块。量块分“级”的主要依据是量块长度的极限偏差和量块长度变动量允许值(见附表 1-1)。

2. 量块的分等

量块按检定精度分为六等:1、2、3、4、5、6 等。其中 1 等精度最高,依次降低,6 等精度最低。量块分“等”的主要依据是量块测量的不确定度和量块长度变动量的允许值(见附表 1-2)。

量块按“级”使用时,应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。量块按“等”使用,应以经检定后所给出的量块中心长度(即量块的一个测量面的中点至另一个测量面相粘合的辅助面的垂直距离 L ,见图 1-2)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。因此,量块按“等”使用的测量精度比量块按“级”使用的高。

国产成套量块的规格有:91 块、83 块、46 块、38 块等几种规格(见附表 1-3)。利用量块的研合性,可以在一定的尺寸范围内,将不同的量块进行组合而形成所需的工作尺寸。在组成某一确定尺寸时,为了减少量块组的误差,一组量块的总数一般不应超过 4 块。选取量块时,应从具有最小位数的量块开始,逐一相减选取量块的长度。例如,组成 36.375mm 的尺寸,若采用 83 块一套的量块(见附表 1-3),可选取 1.005mm、1.37mm、4mm 和 30mm 等四个量块。

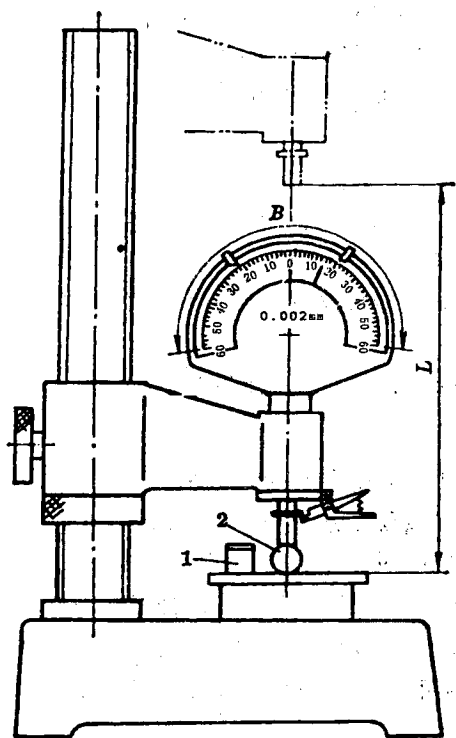


图 1-3 机械式比较仪

1-量块;2-被测工件; L -量程

三、计量器具的技术性能指标

计量器具的技术性能指标是选择和使用计量器具的依据。其中的主要指标如下:

1. 标尺刻度间距

标尺刻度间距是指计量器具的标尺或刻度盘上的相邻两刻度线中心间的距离。为适合于人眼观察,刻度间距一般为 1~2.5mm。

2. 标尺分度值

标尺分度值又称刻度值,是指计量器具的标尺或刻度盘上每个刻度间距所代表的量值。标尺分度值越小,表示计量器具的测量精度越高。例如,游标卡尺的标尺分度值有 0.1mm、0.05mm、0.02mm 几种。

3. 标尺示值范围

标尺示值范围是指计量器具本身所能显示的最小到最大的示值范围。

4. 计量器具测量范围和量程

计量器具测量范围是指计量器具所能测出被测几何量量值的下限值到上限值的范围。测量范围的上限值与下限值之差称为量程。

例如,图 1-3 所示,机械式比较仪的标尺分度值为 0.002 mm,标尺示值范围 B 为 $-60\mu\text{m} \sim +60\mu\text{m}$,测量范围 L 为 $0 \sim 180\text{mm}$,量程为 180mm。

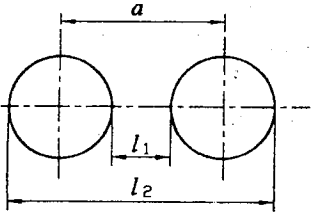
四、测量方法

测量方法可以从不同角度进行分类。

1. 按实测的几何量是否为被测几何量分类

直接测量法——实测得的几何量值就是被测量的几何量量值。例如,用游标卡尺、千分尺测量轴径或孔径的大小。

间接测量法——被测几何量的量值由实测的几何量量值按一定的函数关系式运算后获得。例如图 1-4 所示,通过测量孔边距 l_1 和 l_2 ,然后用公式 $a = (l_1 + l_2)/2$ 计算求得孔心距 a 的大小。间接测量的精度通常比直接测量的精度低。



1-4 间接测量法测量孔心距

2. 按测量值是否为被测几何量的整个量值分类

绝对测量法——计量器具显示的示值就是被测几何量的整个量值。例如用游标卡尺、千分尺测量轴径或孔径的大小。

相对测量法(又称比较测量法)——计量器具显示的示值为被测几何量相对于标准量的差值,被测几何量量值为标准量与该示值之代数和。相对测量法的测量精度比绝对测量法的测量精度高。

3. 按被测表面是否与测量头接触分类

接触测量法——测量时计量器具的测头与被测表面接触,并伴有机械作用的测量力。

非接触测量法——测量时计量器具的测头不与被测表面接触。例如,用光切显微镜测量零件的表面粗糙度;用投影仪测量样板的轮廓形状。

接触测量会引起被测表面与计量器具接触部分产生弹性变形,因而会影响测量的精度,但这种方法使用稳定、可靠。非接触测量虽然无接触变形,但对介质的变化反映较为敏感。

4. 按同时被测的几何量的多少分类

单项测量——对工件上的某些几何量分别进行测量。例如,用不同的专用仪器分别测量齿轮的齿形误差和基节偏差。

综合测量——同时测量工件上几个有关几何量的综合结果。例如,用齿轮双面啮合综合测量仪测量齿形误差和基节偏差的综合结果。

就零件整体来说,单项测量的效率比综合测量的低,但它便于进行工艺分析。综合测量的结果比较符合工件的实际工作情况。

此外,还有主动测量和动态测量。主动测量(又称在线测量)是在工件加工的同时对被测量进行测量。它主要应用在自动化生产线上,其测量结果可直接控制加工过程,防止产生废品。动态测量是指在被测表面与量仪测头作相对运动时,对被测几何量进行测量。例如,用电动轮廓测量仪测量表面粗糙度。主动测量和动态测量是现代化工业生产中,检测技术的发展方向。

习 题

1-1 机械零件或部件具有什么性能才能具有互换性? 互换性分为几类? 它们都用于何种场合?

1-2 举例说明互换性在日常生活中有哪些应用?(举 3 例)

1-3 互换性与标准化、公差与检测之间有何关系？

1-4 为什么要制定《优先数和优先数系》国家标准？优先数系是一种什么数列？国标中优先数系有几种系列？

1-5 螺纹公差自 3 级开始其等级系数为：0.50, 0.63, 0.80, 1.00, 1.25, 1.60, 2.00。试判断它们为何种系列？

1-6 测量的实质是什么？一个测量过程包括那些要素？

1-7 测量值是否就是真值，两者有何差异？

1-8 量块分哪几级、哪几等？它们是根据什么分等分级的？

1-9 某千分尺的副尺（微分筒上的圆周标尺）的每个间距代表 0.01mm，主尺（固定套筒上的纵向标尺）的每个间距代表 0.5mm，主尺能够显示的范围为 25 ~ 50mm。试问该千分尺的标尺分度值、示值范围、测量范围和量程各为多少？

1-10 欲组成 28.265mm 的量块组，试从 83 块一套的量块中选取几块量块组成该尺寸，应如何选取量块？

第二章 尺寸精度

机械零件的几何精度包含该零件的尺寸精度、形状和位置精度以及表面精度等。它们是根据零件在机器中的使用要求确定的。尺寸精度主要研究线性尺寸的公差、极限与配合。尺寸精度设计是机械零件精度设计中的重要内容。

为了满足使用要求,保证零件的互换性,我国发布了一系列有关尺寸精度的国家标准:GB/T 1800.1-1997《极限与配合 基础 第1部分:词汇》,GB/T 1800.2-1998《极限与配合 基础 第2部分:公差、偏差和配合的基本规定》,GB/T 1800.3-1998《极限与配合 基础 第3部分:标准公差和基本偏差数值表》,GB/T 1800.4-1999《极限与配合 标准 公差等级和孔、轴的极限偏差表》,GB/T 1801-1999《极限与配合 公差带和配合的选择》,GB/T 1804-92《一般公差 线性尺寸的未注公差》。这些标准的制定与实施可以满足我国机电产品的设计和适应国际贸易的需要。

下面就上述标准的基本概念和应用,以及尺寸精度的设计进行阐述。

第一节 基本术语及其定义

尺寸精度设计主要是指对有配合要求的孔、轴,确定它们的尺寸公差和配合种类,也包括确定零件上非配合表面的尺寸公差。为此,首先阐述与尺寸精度有关的术语及其定义。

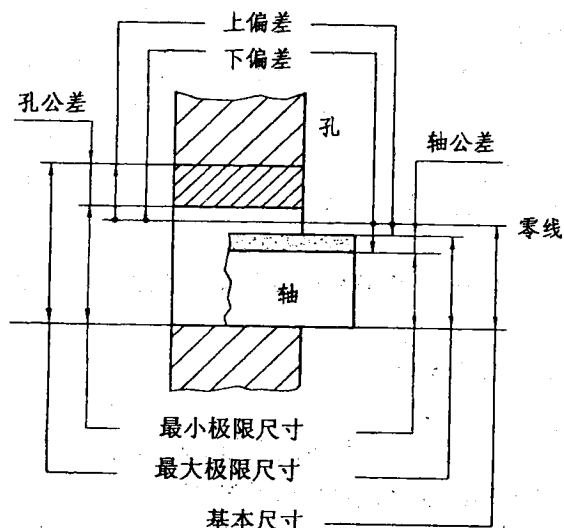


图 2-1 基本尺寸和极限尺寸

一、孔和轴的定义

孔通常是指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(例如键槽的宽度表面)。

轴通常是指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(例如平键的宽度表面)。

二、有关尺寸的术语及定义

1. 线性尺寸

尺寸分为两类:线性尺寸和角度。线性尺寸(简称尺寸)是指两点之间的距离,如直径、宽度、高度、深度、厚度及中心距离等。

2. 基本尺寸

基本尺寸是指设计确定的公称尺寸,相互配合的孔、轴的基本尺寸相同,用符号 D 表示。它是根据零件的强度、刚度等的计算和结构的设计确定的,并应化整,尽量采用标准尺寸,执行 GB 2822-81《标准尺寸》的规定(见附表 2-1)。