

高/等/专/科/学/校/教/材

互换性与测量技术

上海高校互换性与测量技术研究会编写组

高晓康 主编 过馨葆 主审

HUHUANXING
YU
CELIANG
JISHU

上海交通大学出版

高等专科学校教材

互 换 性 与 测 量 技 术

上海高校互换性与测量技术研究会编写组

高晓康 主编

过馨葆 主审

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书是为适应现代生产和科学技术发展的需要、深化教育改革而编写的。本书共分十二章,内容有绪论、光滑圆柱体结合的互换性、测量技术基础、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、与滚动轴承相配零件的互换性、键和花键结合的互换性及其检测、圆锥结合的互换性及其检测、螺纹结合的互换性及其检测、圆柱齿轮传动的互换性及其检测、尺寸链等。

本书遵循“简明扼要,打好基础,学以致用,精选内容,便于教学,利于自学”的原则,系统、通俗地叙述各章的基本内容。每章开始配有教学目的与要求,章末有思考题与习题,书中还介绍了计算机在互换性与测量技术方面的应用。书末附有部分习题答案和最新的互换性基础标准主要目录,供读者参考。

本书可作为上海地区高等专科学校机械类和近机类教材,也可供中等专科学校、成人高校及有关工程技术人员学习、参考。

互换性与测量技术

上海交通大学出版社出版、发行

上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030

全国新华书店经销

江苏太仓印刷厂印刷

开本:787×1092(毫米)1/16 印张:15.25 字数:378000

版次:1997年8月 第1版 印次:1997年8月 第1次

印数:1-4000

ISBN 7-313-01885-1/TB·040

定价:18.00元

前 言

本课程是机械类和近机类各专业的一门主干技术基础课,它起着联系设计类课程和工艺类课程的纽带作用,也是从基础课与技术基础课教学过渡到专业课教学的桥梁。

本课程的任务是使学生获得互换性与测量技术的基本知识及一定的工作能力,为进一步应用公差标准和测量技术打好基础。

本课程的基本内容是研究几何参数的互换性,即研究如何通过规定公差来合理解决机器的使用要求与制造工艺之间的矛盾,以及如何运用测量技术手段保证国家公差标准的贯彻实施。

本课程的特点主要表现为以下三个方面:

(1) 本课程的内容在生产实践中应用广泛,实践性强,它由“互换性”和“测量技术”两部分组成。这两部分既有一定的内在联系,又自成体系。“互换性”属于标准化范畴,采用课堂讲授、课堂讨论、作业等方式来学习。“测量技术”属于计量学范畴,主要通过实验、现场教学等方式来学习。因此,实验是本课程的重要教学环节之一,必须予以重视。

(2) 本课程以误差理论为基本理论,从“精度”或“误差”的观点来分析零、部件几何参数的互换性,并要用到概率论和数理统计方面的知识。

(3) 本课程中的术语定义、符号、代号、图形、表格多,公式推导少,经验数据、定性解释多,内容涉及面广,章节之间系统性、连贯性不明显。

本课程的基本要求如下:

(1) 建立互换性的基本概念,能绘制公差与配合图样,熟悉尺寸公差与配合制的基本内容及特点,了解轴承、键、圆锥、角度、螺纹及齿轮等典型零、部件结合的互换性。知道选择公差与配合的原则及方法,懂得尺寸链的基本计算方法,会应用公差表格,并能在图样上正确标注。

(2) 建立测量技术的基本概念,了解常用测量方法与测量器具的原理,初步学会分析测量误差与处理测量结果的方法,会设计光滑极限量规。通过实验,初步掌握常用测量器具的操作技能。

由于互换性基础标准内容广泛,标准既具有一定的约束性,在使用中又存在较大的灵活性,为了达到本课程的基本要求,除了课堂教学外,还需后继有关课程的教学和课程设计、毕业设计的实践来加以巩固,尤其要依靠毕业后在工作实践中逐步积累丰富的实际经验来真正用好本课程的知识。

本教材是根据全国高等专科学校公差课程协作组审定的教学大纲,结合上海地区学时少、实践环节多的教学实际,在广泛调研和讨论的基础上,通过编写组教师们的共同努力编写而成的。

本书力求削枝强干,贯彻少而精和学以致用原则,但因限于学时及篇幅,对一些发展中的内容,除必要外,书中未作更多的介绍。

本书由上海高校互换性与测量技术研究会编写组编。编写组成员是:上海轻工业高等专科学校高晓康(第一章、第二章、第四章、第五章、第六章)、上海轻工业学校龚洁婷(第三章)、上海

电机技术高等专科学校陈玉林(第七章、第八章、第十一章)、上海医疗器械高等专科学校葛斌(第九章)、上海冶金高等专科学校高建春(第十章)、上海化工高等专科学校何锡梁(第十二章)。

全书由高晓康主编,同济大学过馨葆教授对全书进行了审阅。

本书在编写过程中,参考了兄弟院校所编教材,同时始终得到上海高校互换性与测量技术研究会广大老师的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,教学经验不足,缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
1997年1月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 互换性概述.....	1
第二节 标准化与优先数系.....	2
第三节 基础标准与测量技术发展概况.....	4
思考题与习题.....	5
第二章 光滑圆柱体结合的互换性	6
第一节 公差与配合的基本术语及其定义.....	7
第二节 《公差与配合》国家标准的构成.....	15
第三节 公差与配合的选用.....	29
思考题与习题.....	40
第三章 测量技术基础	42
第一节 概述.....	42
第二节 长度基准与尺寸传递.....	43
第三节 测量方法的分类及测量器具的基本度量指标.....	45
第四节 测量误差和数据处理.....	49
第五节 测量器具的选择.....	58
思考题与习题.....	62
第四章 形状和位置公差及其检测	63
第一节 概述.....	63
第二节 形状公差和形状误差.....	70
第三节 位置公差和位置误差.....	77
第四节 公差原则.....	89
第五节 形位误差的检测.....	99
第六节 形位公差的选用.....	104
第七节 形位公差在图样中的标注.....	109
思考题与习题.....	112
第五章 表面粗糙度及其检测	114
第一节 概述.....	114
第二节 表面粗糙度的评定.....	114
第三节 表面粗糙度的标注.....	120
第四节 表面粗糙度的选择.....	122
第五节 表面粗糙度的检测.....	125
思考题与习题.....	125
第六章 光滑极限量规	127

第一节	概述	127
第二节	量规公差带	129
第三节	量规设计	129
	思考题与习题	136
第七章	与滚动轴承相配零件的互换性	137
第一节	概述	137
第二节	滚动轴承的公差与配合	138
	思考题与习题	143
第八章	键与花键结合的互换性及其检测	145
第一节	平键结合的互换性及其检测	145
第二节	矩形花键结合的互换性及其检测	149
	思考题与习题	152
第九章	圆锥结合的互换性及其检测	153
第一节	概述	153
第二节	圆锥公差和圆锥配合及其检测	154
第三节	角度和角度公差及其检测	162
	思考题与习题	164
第十章	螺纹结合的互换性及其检测	165
第一节	概述	165
第二节	螺纹几何参数对互换性的影响	167
第三节	螺纹的公差与配合	171
第四节	机床丝杠和螺母的公差	176
第五节	螺纹的检测	180
	思考题与习题	184
第十一章	圆柱齿轮传动的互换性及其检测	185
第一节	概述	185
第二节	齿轮误差的评定指标及其检测	188
第三节	齿轮副误差的评定指标及其检测	203
第四节	渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	206
	思考题与习题	216
第十二章	尺寸链	217
第一节	概述	217
第二节	完全互换法解尺寸链	220
第三节	大数互换法解尺寸链	224
第四节	解尺寸链的其他方法	227
	思考题与习题	231
部分习题答案		232
附录	互换性基础标准主要目录	234
主要参考文献		238

第一章 绪 论

目的与要求:了解互换性的含义及其在现代化生产中的重要作用;了解互换性与标准化的关系;了解优先数系的基本原理及其应用;重点是掌握互换性与产品设计、制造、维修、检测以及生产管理方面的关系。

第一节 互换性概述

一、互换性的基本概念

在机械制造业中,互换性是指同一规格的零部件可以互相替换,且替换后能达到规定的功能要求。这样的零部件就称为具有互换性的零部件。能保证零部件具有互换性的生产,就称为遵循互换性原则的生产。例如,人们日常生活中常用的自行车、汽车和手表的零件就是按互换性原则生产的。当它们损坏时,只要换上新的就能继续使用,恢复原有的功能。

零部件的互换性通常包括几何参数(如尺寸、形状、相互位置、表面粗糙度)、机械性能(如硬度、强度)以及理化性能(如化学成分)等。本课程仅讨论几何参数的互换性。

二、互换性的种类

根据零部件互换程度的不同,可分为完全互换性和不完全互换性。

1. 完全互换性

同一规格的零部件在装配或更换前,不需选择、装配或更换时,不需任何辅助加工、装配或更换后,完全满足预定的使用性能要求,这样的零部件就具有完全互换性。

2. 不完全互换性

当装配精度要求很高时,采用完全互换性将使零件的公差很小,加工困难,成本高,甚至无法加工。这时,可将零件的制造公差适当地扩大以便于加工。然后将生产出的零件按实际加工的尺寸分为若干组,使每组零件间的实际尺寸差别减小,装配时按相应组进行(如大孔与大轴装配,小孔与小轴装配)。这样既保证了装配精度,也满足了使用要求,又解决了加工困难。这种仅限于组内零件可以互换,组与组之间不可互换,称为不完全互换性。例如,在生产中广泛应用的滚动轴承部件,其轴承内外圈滚道直径与滚动体之间的配合,就常采用分组装配,即不完全互换性。

上述两种互换性用于不同的场合,一般来讲,不完全互换性往往只限于厂内生产的零部件互换,而对厂外的零部件则需采用完全互换性。在设计时应视具体情况决定采用何种互换性。

三、互换性的作用

互换性原则是组织现代化生产的一项重要的技术经济原则。在机械制造业中具有重要的

作用。

在设计方面,大量采用按互换性原则设计,经过实用考验的标准零部件,不仅可大大减少设计工作量,缩短设计周期,还可采用标准化的计算方法和程序进行高效优化设计,从而有利于开展计算机辅助设计和实现产品品种的多样化。

在制造方面,互换性是提高生产水平和经济效益的重要手段,互换性有利于组织专业化生产,各个零件可同时分别由各专业厂加工,各专业厂由于产品单一,数量大,可采用高效率的专用设备,有助于实现生产过程的自动化,从而提高产品质量和生产效率,降低生产成本。

在装配方面,由于零部件具有互换性,因此装配时不需任何辅助加工,从而不仅减轻了工人劳动强度,而且缩短了装配周期,并可采用流水线、自动线装配方式,使装配效率大大提高。

在使用、维修方面,由于零部件具有互换性,可及时更换已经磨损或损坏的零部件,从而减少机器的维修时间和费用,以保证机器能连续而持久地运转。例如,武器弹药的互换性能保证不贻误战机;发电设备的及时修复,可保证连续供电,提高了机器设备的使用价值。

综上所述,互换性在提高劳动生产率,保证产品质量和降低生产成本等方面均具有重大的意义。所以,互换性原则已成为机械制造业中的重要生产手段和有效技术措施。

四、实现互换性的必要条件

零部件在加工过程中,由于种种原因,不可避免会产生加工误差,因此,加工后的一批同规格的零部件,它们之间相对应的实际几何参数是不可能完全一样的。实际上,为了保证几何参数的互换性,只要把加工后的零部件的实际几何参数控制在产品性能所允许的变动范围之内。这个允许的变动范围叫做“公差”。至于零部件的实际几何参数的变动量是否在规定的公差范围之内,则要通过测量手段来判断。

为了使零部件具有互换性,首先必须对几何要素提出公差要求,只有在公差要求范围内的合格零件才能实现互换性。为了实现互换性生产,对各种公差要求还必须具有统一的术语、协调的数据及正确的标注方式,以使从事机械设计或加工人员具有共同的技术语言和依据,这就必须制订公差标准。公差标准是对零件的公差和相互配合所制定的技术基础标准。

有了公差标准,还要有相应的测量技术措施来保证检测实际几何参数是否合格,从而保证零部件的互换性。因此,在检测过程中必须保证计量基准和单位的统一,这就需要在全国范围内规定严格的尺寸传递系统,使国家的基准逐级传递到每个生产用的量具量仪上,从而保证计量单位在全国范围内的统一。因此,制定和贯彻公差标准,采用相应的测量技术措施是实现互换性的必要条件。

第二节 标准化与优先数系

一、标准化

标准化是伴随现代工业的发展而发展起来的一门新兴学科。

标准化是指制订、贯彻技术标准,促进全面发展的全过程。

技术标准(简称标准),是指对需要协调统一的重复性事物(如零、部件,产品)和概念(如术语、规则、方法、代号、量值)所做的统一规定,是从事生产、建设工作以及商品流通等的一种共

同技术依据。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,在一定范围内具有约束力。

标准可以按不同级别颁布,我国技术标准分为国家标准、专业标准(部标准)、地方标准和企业标准四级。此外,从世界范围看,还有国际标准与区域性标准。

标准化的范围非常广泛,涉及人类生活的各个方面。技术标准的种类繁多,大致可分为以下四类:

(1) 基础标准。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。如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、公差与配合等标准。

(2) 产品标准。为了保证产品的适用性,对产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准。其范围包括品种、规格、技术性能、试验方法、检验规则等。

(3) 方法标准。以试验、检查、分析、抽样、统计、计算、测定和作业等各种方法为对象制订的标准。如设计计算方法、工艺规程和测试方法等标准。

(4) 安全标准和环境保护标准。以安全与环境保护为目的而制订的标准。

标准化是一门系统工程,其任务就是设计、组织和建立标准体系。在机械制造业中,标准化的目的是提高产品质量、发展产品品种、加强企业的科学管理、组织现代化生产、便利协作和使用维修、巩固推广技术革新成果、提高社会劳动生产率和经济效益等。标准化是实现互换性生产的前提,是组织现代化大生产的重要手段,是联系设计、生产和使用等方面的纽带,是科学管理的重要组成部分,也是提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。因此,目前世界上各工业发达国家都高度重视标准化工作。

二、优先数系

在设计机械产品和制定标准时,常常会应用许多数值,而这些数值在生产各个环节中,又往往是互相关联的。例如,当所设计的螺孔直径确定后,与之相配合的螺钉尺寸、加工用的丝锥尺寸、检验用的螺纹塞规尺寸,甚至攻螺纹前的钻孔尺寸和钻头尺寸,也随之而定。此外,与之相关的垫圈尺寸、轴承盖上通孔的尺寸也随之而定。这种技术参数的不断关联、不断传播,在生产实际中是很普遍的现象。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多杂乱,给组织生产、协作配套以及使用维修等带来很大的困难。因此,对于各种技术参数,必须从全局出发加以协调和统一。

优先数和优先数系就是对各技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值制度。范围从1~10的优先数的基本系列见表1-1。

优先数系是一种十进制的等比级数,在国家标准GB321-80《优先数和优先数系》中,规定了5个公比数系,用R5, R10, R20, R40和R80表示(R80为补充系列)。

在1~10之间, R5系列有5个优先数,即1; 1.6; 2.5; 4; 6.3。R10系列有10个优先数,即在R5的5个优先数中再插入1.25; 2; 3.15; 5; 8(均为比例中项)。项值可从1开始,向大于1和小于1两端无限延伸。理论优先数多为无理数,需予圆整,如表1-1所示。

R5公比为 $\sqrt[5]{10} \approx 1.6$; R10公比为 $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$;

R20公比为 $\sqrt[20]{10} \approx 1.12$; R40公比为 $\sqrt[40]{10} \approx 1.06$;

R80公比为 $\sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 。

表 1-1 优先数的基本系列

基本系列(常用值)			
R5	R10	R20	R40
1	2	3	4
1.00	1.00	1.00	1.00 1.06
		1.12	1.12 1.18
	1.25	1.25	1.25 1.32
		1.40	1.40 1.50
1.60	1.60	1.60	1.60 1.70
		1.80	1.80 1.90
	2.00	2.00	2.00 2.12
		2.24	2.24 2.36
2.50	2.50	2.50	2.50 2.65
		2.80	2.80 3.00
	3.15	3.15	3.15 3.35
		3.55	3.55 3.75
4.00	4.00	4.00	4.00 4.25
		4.50	4.50 4.75
	5.00	5.00	5.00 5.30
		5.60	5.60 6.00
6.30	6.30	6.30	6.30 6.70
		7.10	7.10 7.50
	8.00	8.00	8.00 8.50
		9.00	9.00 9.50
10.00	10.00	10.00	10.00

现在普遍采用的优先数系是一种十进制等比级数。即级数的项值中包括 $1, 10, 100, \dots, 10^n$ 和 $1, 0.1, 0.01, \dots, 10^{-n}$ 这些数(这里 n 为正整数), 且按 $1 \sim 10, 10 \sim 100, \dots$ 和 $1 \sim 0.1, 0.1 \sim 0.01, \dots$ 划分区间, 然后再进行细分。

优先数系中的每一个数值即为优先数。优先数系有许多优点, 如相邻项的相对差相等, 分档合理、疏密恰当, 简单易记, 有利于简化统一, 便于插入和延伸, 计算方便, 适用性广等。

第三节 基础标准与测量技术发展概况

一、基础标准发展概述

作为基础标准的一个重要组成部分——公差标准是随着机械制造业的发展而产生和完善起来的。

1902年, 英国伦敦以生产剪羊毛机为主的纽瓦尔(Newall)公司编制了尺寸公差的“极限表”, 这是最早的公差制。1924年和1925年, 英国和美国分别颁布了各自的公差标准。在公差标准的发展史上, 德国标准 DIN 占有重要位置, 其特点是采用了基孔制和基轴制, 并提出了公差单位的概念; 将精度等级和配合分开, 规定了标准温度为 20°C 。1929年, 苏联也颁布了“公差与配合”标准。

为了进一步发展国际间的交流, 1926年成立了国际标准化协会(ISA)。1947年2月(二次世界大战后), 国际标准化协会重新组建并改称国际标准化组织(ISO)。ISO 陆续制订了一些国际标准。目前世界上工业发达国家都采用 ISO 标准。

1955年, 我国第一机械工业部颁布了第一个公差与配合的部颁标准。1959年, 国家科委正式颁布了公差与配合国家标准(GB159~174-59), 接着又陆续颁布了表面光洁度、普通螺纹公差、键与花键公差等国家标准和部颁标准。随着时间的推移, 旧有的国家标准已经不适用生产的发展, 因此, 国家标准局

对原有标准进行了修订, 如《公差与配合》(GB1800~1804-79), 《形状和位置公差》(GB1182~1184-80), 《一般公差 线性尺寸的未注公差》(GB/T1804-92), 《机械制图 表面粗糙度符号、代号及其注法》(GB/T131-93)等。

1978年, 我国恢复参加了国际标准化组织(ISO), 参照国际标准和我国的生产实际, 近十

几年来,陆续颁布和修订了适应我国现代化建设需要的一系列基础标准,其主要互换性基础标准的代号及名称见附录。

二、测量技术发展概况

制定了公差标准,使零部件标准化只是为互换性提供了可能,而要保证实现零部件的互换性则还要采取测量技术措施,使测量结果统一、可靠,也就是要建立完善的检测手段和计量管理系统,并制定技术法规监督实施。

几何量测量在我国具有悠久的历史。早在商朝,我国就有了象牙制成的尺,到秦朝统一了我国度量衡制度,到西汉,已制成铜质的卡尺。几何量测量技术的发展是和机械加工发展分不开的,随着加工精度的不断提高,对测量器具的测量精度要求也随着提高。同时,加工精度本身也要通过精确的测量来体现和验证。例如,19世纪中叶出现了游标卡尺,当时的机械加工精度可达0.1mm。本世纪初,加工精度达到0.01mm,可用千分尺测量。30年代开始成批生产,目前仍在使用的光学比较仪、测长仪、光波干涉仪和万能工具显微镜等的机械加工精度已提高到 $1\mu\text{m}$ 左右。近半个世纪以来,精密加工的水平有了很大的提高。例如,近年来精度机床主轴的跳动误差要求不超过 $0.01\mu\text{m}$,导轨直线度要求 $0.3\mu\text{m}/\text{m}$,空气轴承的回转精度在径向和轴向都要求 $0.02\mu\text{m}$ 。这些参数的测量要用高精度的方法和仪器,如稳频激光干涉系统,各种高精度的电学量仪及机、电、光结合并配用计算机的测量系统。

经过几十年的努力,我国的计量管理和检测手段已达到了国际水平,全国建立了统一的量值传递系统,有了较完善的计量机构,还拥有一批骨干量仪厂,不仅可生产一般的检测仪器,如万能工具显微镜、万能渐开线检查仪等,还研制成许多达到国际先进水平的量仪,如激光光电比长仪、激光丝杠动态检查仪、光栅式齿轮整体误差测量仪、三坐标测量机等。几何量测量技术的发展不仅促进了机械工业的发展,也促进了其他工业、科技等领域的发展。

思考题与习题

- 1-1 试述互换性的含义及其作用,并列举互换性应用实例。
- 1-2 试述完全互换性与不完全互换性的区别,并指出它们主要用于什么场合?
- 1-3 试述标准化的意义及标准的种类。
- 1-4 何谓优先数系?我国标准采用了哪些优先数系?各优先数系有什么不同?

第二章 光滑圆柱体结合的互换性

目的与要求:理解公差与配合的基本术语及定义;掌握《公差与配合》的一般规律和主要内容;了解尺寸公差与配合的选用原则及方法。

光滑圆柱体结合是机械制造中应用最广泛的一种结合形式。适用于这种结合形式的《公差与配合》等国家标准是应用最广泛的基础标准。

公差反映零件几何参数的使用要求,配合则反映组成产品的零部件之间的关系。公差与配合的标准化有利于进行产品设计、工艺设计、生产检验,是组织专业生产、实现互换性的基本条件。

为了满足使用要求,保证实现互换性,自1979年以来,我国参照国际标准(ISO),并结合我国的实际生产情况,颁布了一些新的公差标准,这些标准的构成见图2-1。

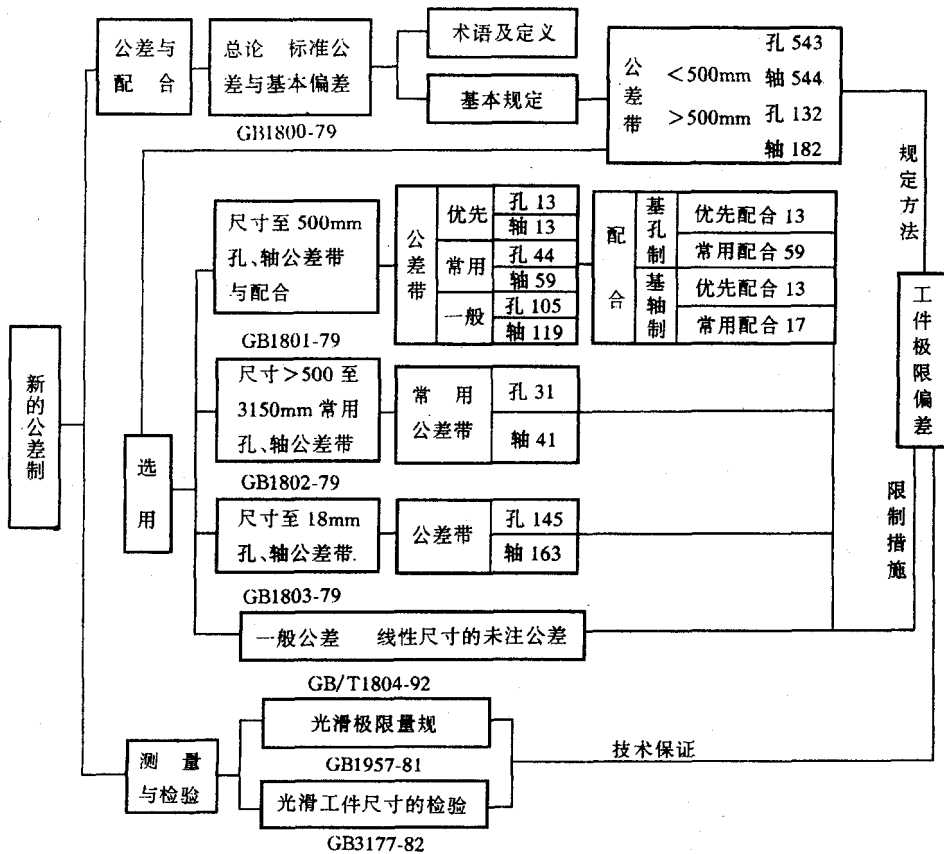


图 2-1 国际公差体制

第一节 公差与配合的基本术语及其定义

一、有关孔和轴的定义

孔主要指圆柱形的内表面,也包括其他内表面中由单一尺寸确定的部分。轴主要指圆柱形的外表面,也包括其他外表面中由单一尺寸确定的部分。由单一尺寸 A_s 所形成的内、外表面如图 2-2。

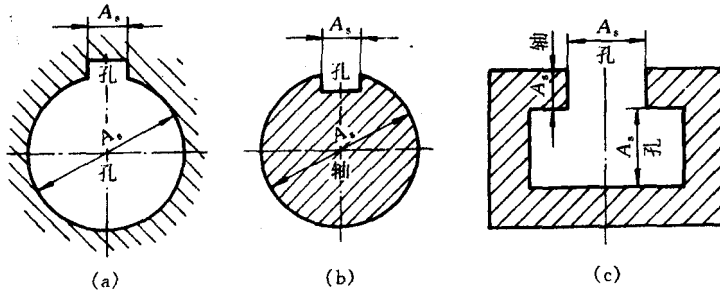


图 2-2 孔和轴的定义示意图

从装配关系讲:孔是包容面,在它之内没有材料;轴是被包容面,在它之外没有材料。

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。

孔和轴的定义明确了《公差与配合》国家标准的应用范围。在公差与配合中,孔和轴都是由单一尺寸构成的,例如圆柱体的直径、键与键槽的宽度等。

二、有关尺寸的术语及定义

(1) 尺寸:用特定单位表示长度值的数字。在机械制造业中,一般用毫米(mm)作特定单位。

(2) 基本尺寸(D 、 d):设计给定的尺寸。标准规定,大写字母(D)表示孔的有关代号;小写字母(d)表示轴的有关代号。基本尺寸是根据使用要求,通过强度、刚度的计算,并考虑结构和工艺方面的因素,经过试验或类比相似零件已有的经验,经化整后确定的。基本尺寸应尽量采用标准值(见表 2-1),以减少刀具、量具、夹具的规格数量。

基本尺寸是计算偏差和极限尺寸的起始尺寸。它只表示尺寸的基本大小,并不是实际加工中要求得到的尺寸。

(3) 实际尺寸(D_a 、 d_a):通过测量所得的尺寸。由于测量误差是不可避免的,所以实际尺寸并非真值。同时,由于形状误差的影响,零件同一表面上的不同部位的实际尺寸也各不相同。所以,严格地讲,实际尺寸都是局部的,如图 2-3。在生产中,由于测量误差和加工误差同时存在,因此,实际尺寸是个随机变量。

(4) 极限尺寸:允许尺寸变化的两个界限值,它以基本尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸(D_{max} 、 d_{max}),较小的一个称为最小极限尺寸(D_{min} 、 d_{min}),如图 2-4。极限尺寸是根据零件的使用要求确定的,它可以大于、等于或小于基本尺寸。

表 2-1 标准尺寸(10mm~100mm)

R			Ra			R			Ra		
R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40	R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40
10.00	10.00 11.2		10	10 11			35.5	35.5 37.5		36	36 38
12.5	12.5	12.5 13.2 14.0 15.0	12	12 13 14 15	12	40.0	40.0	40.0 42.5 45.0 47.5	40	40	40 42 45 48
16.0	16.0	16.0 17.0 18.0 19.0	16	16 17 18 19	16	50.0	50.0	50.0 53.0 56.0 60.0	50	50	50 53 56 60
20.0	20.0	20.0 21.2 22.4 23.6	20	20 21 22 24	20	63.0	63.0	63.0 67.0 71.0 75.0	63	63	63 67 71 75
25.0	25.0	25.0 26.5 28.0 30.0	25	25 26 28 30	25	80.0	80.0	80.0 85.0 90.0 95.0	80	80	80 85 90 95
31.5	31.5	31.5 33.5	32	32 34	32	100.0	100.0	100.0	100	100	100

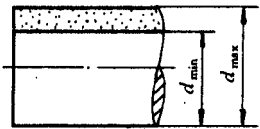
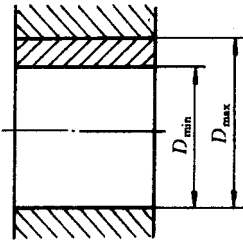
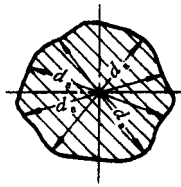
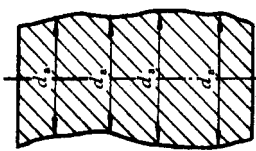


图 2-3 实际尺寸

图 2-4 极限尺寸

上述尺寸中,基本尺寸和极限尺寸是设计确定的尺寸,而实际尺寸是对零件测量得到的尺寸。

(5) 最大实体状态(MMC)和最大实体尺寸(MMS):孔或轴具有允许的材料量为最多时的状态,称为最大实体状态(MMC);在此状态下的极限尺寸,称为最大实体尺寸,它是孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸的统称,如图 2-5。

(6) 最小实体状态(LMC)和最小实体尺寸(LMS):孔或轴具有允许的材料量为最少时的状态,称为最小实体状态(LMC);在此状态下的极限尺寸,称为最小实体尺寸,它是孔的最大极限尺寸

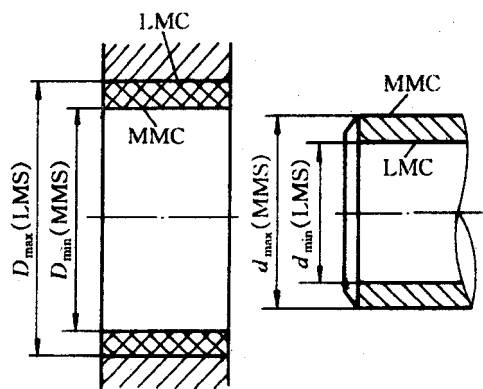


图 2-5 实体状态和实体尺寸

和轴的最小极限尺寸的统称,如图 2-5。

显然,当相配的孔和轴均处于最大实体状态(D_{\min} 、 d_{\max})时,其配合状态最紧,是对装配最不利的状态;反之,孔和轴均处于最小实体状态(D_{\max} 、 d_{\min})时,其配合状态最松,是对装配最有利的状态。由此可知:最大实体尺寸为合格零件的起始尺寸,而最小实体尺寸为合格零件的终止尺寸。

(7) 作用尺寸(D_m 、 d_m):在配合面的全长上,与实际孔内接的最大理想轴的尺寸,称为孔的作用尺寸,用 D_m 表示;与实际轴外接的最小理想孔的尺寸,称为轴的作用尺寸,用 d_m 表示,如图 2-6。

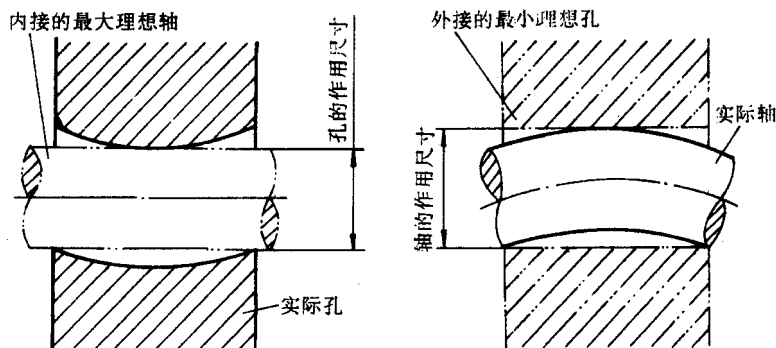


图 2-6 孔和轴的作用尺寸

当存在形状误差时,孔和轴加工后各部位的实际尺寸可能不同,但对每一个孔或轴来说,其作用尺寸是唯一的。作用尺寸反映了零件实际尺寸和形状误差的综合结果,是装配时真正起作用的尺寸,因而应对它加以控制。生产实践证明:孔、轴的实际尺寸相等不一定能进行装配,但当孔的作用尺寸大于或等于轴的作用尺寸时,就一定能自由装配。

当存在形状误差时: $D_m < D_a$, $d_m > d_a$;

当形状误差为零时: $D_m = D_a$, $d_m = d_a$ 。

(8) 极限尺寸判断原则(泰勒原则):孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸。即对于孔,其作用尺寸应不小于最小极限尺寸;对于轴,则应不大于最大极限尺寸。

在任何位置上的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。即对于孔,其实际尺寸应不大于最大极限尺寸;对于轴,则应不小于最小极限尺寸。

用极限尺寸判断原则判断合格的孔或轴,其尺寸应为:

对于孔: $D_m \geq D_{\min}$, $D_a \leq D_{\max}$;

对于轴: $d_m \leq d_{\max}$, $d_a \geq d_{\min}$ 。

从配合角度来看,极限尺寸判断原则的含义为:对于同时存在形状和尺寸误差的孔和轴,最大实体尺寸用以控制作用尺寸,使配合的结果不至于超过预定的最紧程度;最小实体尺寸用以控制实际尺寸,使配合的结果不至于超过预定的最松程度。

三、有关公差和偏差的术语及定义

1. 尺寸偏差(简称偏差)

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。某一尺寸可以是实际尺寸,也可以是极限尺寸,所

以偏差可分为实际偏差和极限偏差。

(1) 实际偏差:实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差。零件的实际偏差必须在极限偏差的范围内才可能合格。

(2) 极限偏差:极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。如图 2-7。

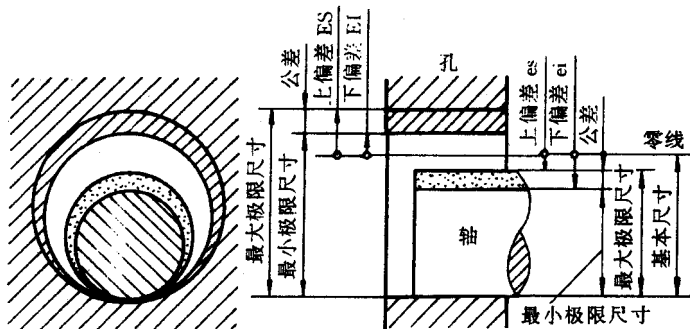


图 2-7 尺寸、偏差与公差

最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差(ES, es),即孔的上偏差:

$$ES = D_{\max} - D \quad (2-1)$$

轴的上偏差:

$$es = d_{\max} - d \quad (2-2)$$

最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差(EI, ei),即孔的下偏差:

$$EI = D_{\min} - D \quad (2-3)$$

轴的下偏差:

$$ei = d_{\min} - d \quad (2-4)$$

由于极限尺寸可以大于、等于或小于基本尺寸,所以偏差可以为正、负或零值。偏差值除外,应标上相应的“+”号或“-”号。极限偏差用于控制实际偏差。

2. 尺寸公差(简称公差)

允许尺寸的变动量。孔公差用 T_h 、轴公差用 T_s 表示。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值;也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。如图 2-7。

孔的公差:

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \quad (2-5)$$

轴的公差:

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (2-6)$$

公差与偏差是两个不同的概念,不能混淆。公差是指允许尺寸的变动量,它代表加工精度的要求,当基本尺寸相同时,公差越大,则对加工精度要求越低,越容易加工。由于加工误差不可避免,故公差值不能为零;而偏差是指相对于基本尺寸的偏离值,只表示偏离基本尺寸的程度,所以,偏差可以是正值、负值或零。

上述基本尺寸、极限尺寸、极限偏差和公差都是由设计给定

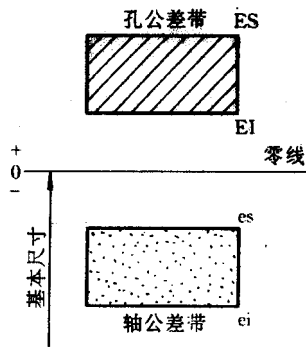


图 2-8 公差带图