



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

互换性与 技术测量基础

主编 胡凤兰



高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

互换性与技术测量基础

主 编	胡凤兰	
副主编	孙长山	
参 编	张家梁	李翔英
	张敬东	姚俊红
审 阅	李 柱	

高等教育出版社

内容简介

本书系统而精炼地阐述了互换性与技术测量的基本知识,全部采用最新国家标准,侧重讲清概念和标准的应用;测量部分主要介绍测量方法的原理,不具体介绍仪器的结构及操作步骤。本书是教育科学“十五”国家规划课题——“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题的研究成果。全书内容包括绪论、极限与配合、技术测量基础、形状和位置公差、表面粗糙度、光滑极限量规、常用结合件的互换性、渐开线圆柱齿轮传动的互换性以及尺寸链共 9 章。各章后附有习题。

本书可作为高等院校机械类和近机类各专业互换性与技术测量课程的教材,以及高等职业学校、高等专科学校、成人高校相关专业的教材,也可供机械制造工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量基础/胡凤兰主编. —北京:高等教育出版社,2005.2

ISBN 7-04-016021-8

I. 互... II. 胡... III. ①互换性—理论—高等学校—教材②技术测量—高等学校—教材 IV. TG8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 003221 号

策划编辑 龙琳琳 责任编辑 贺玲 封面设计 于文燕 责任绘图 尹莉
版式设计 胡志萍 责任校对 王雨 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总机 010-58581000

经销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京鑫海金澳胶印有限公司

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

开本 787×1092 1/16
印张 12.5
字数 300 000

版次 2005 年 2 月第 1 版
印次 2005 年 2 月第 1 次印刷
定价 16.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16021-00

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21 世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国 100 余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002 年 11 月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有 63 所高校申报了近 450 项课题。2003 年 1 月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批 9 项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003 年 3 月至 4 月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和在研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等

II 总 序

学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003 年 4 月

前 言

本书是教育科学“十五”国家规划课题——“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题的研究成果。

互换性与技术测量是高等院校机械类、仪器仪表类和机电类各专业必修的一门重要的技术基础课程,是联系设计系列和工艺系列课程的纽带,也是架设在基础课、实践教学课和专业课之间的桥梁。主要内容是标准化和工程计量学有关部分的有机结合,与机械设计、机械制造、质量控制等多方面密切相关,是机械工程技术人员和管理人员必备的基本知识技能。

本书是根据教育部关于《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》和近几年来全国高校改革的有关精神,考虑到高等院校互换性与技术测量课程的基本要求和多数学校教学学时数较少(一般 30~50 个学时),在保证教材的全面性、系统性的前提下,取材力求少而精,突出重点,以便通过教学使学生掌握本课程的最基本的内容,为后继课程的学习或从事机电产品的设计、制造、维修和管理打下一定的基础。

本书全部采用最新国家标准,重点讲清基本概念和标准的应用,介绍几何量各种误差检测方法的原理,而把不便在课堂上讲授的具体仪器的结构、操作步骤留给实验指导书介绍,这样既可使学生对技术测量的基础知识有所了解,又使教材内容精炼、重点突出。

本书由胡凤兰任主编,孙长山任副主编。参加本书编写的有:湖南工程学院胡凤兰(第 1 章、第 3 章)、河北建筑工程学院孙长山(第 2 章、第 7 章)、东华大学张家梁(第 4 章)、南京工程学院李翔英(第 5 章)、攀枝花学院张敬东(第 6 章)、德州学院姚俊红(绪论、第 8 章)。

本书在编写过程中,得到了各参编院校机械院系、有关部门及任课教师的大力支持,并得到了有关专家、学者及同行的热忱指教。华中科技大学李柱教授对本书的编写给予了精心指导,并进行了细致的审阅,提出了许多建设性的意见。此外,本书在编写中参阅并引用了部分标准和文献资料。在此,一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 1 月

目 录

绪论	1	4.5 表面粗糙度的测量	116
0.1 互换性概述	1	习题 4	118
0.2 标准化概述	3		
0.3 本课程的研究对象及任务	4	第 5 章 光滑极限量规	120
第 1 章 极限与配合	5	5.1 概述	120
1.1 概述	5	5.2 量规设计原则	121
1.2 基本术语及其定义	5	5.3 工作量规设计	124
1.3 极限与配合国家标准的组成	12	习题 5	127
1.4 尺寸公差与配合的选择	25		
1.5 一般公差 线性尺寸的未注公差	37	第 6 章 常用结合件的互换性	128
习题 1	39	6.1 滚动轴承的互换性	128
第 2 章 技术测量基础	41	6.2 键和花键结合的互换性	137
2.1 技术测量的基础知识	41	6.3 普通螺纹结合的互换性	143
2.2 测量误差及数据处理	47	习题 6	149
2.3 用普通计量器具检测	54		
习题 2	58	第 7 章 渐开线圆柱齿轮传动的互换性	150
第 3 章 形状和位置公差	59	7.1 概述	150
3.1 概述	59	7.2 渐开线圆柱齿轮精度的评定指标及检测	152
3.2 形状误差与形状公差	64	7.3 齿轮坯精度、齿轮轴中心距、轴线平行度和轮齿接触斑点	162
3.3 位置误差与位置公差	70	7.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	166
3.4 公差原则	77	习题 7	174
3.5 形位公差的选择	87		
3.6 形位误差的检测原则	98	第 8 章 尺寸链	176
习题 3	101	8.1 基本概念	176
第 4 章 表面粗糙度	106	8.2 极值法	179
4.1 概述	106	8.3 统计法	183
4.2 表面粗糙度的评定	107	习题 8	185
4.3 表面粗糙度的标注	111		
4.4 表面粗糙度的选用	115	参考文献	187
		后记	189

绪 论

0.1 互换性概述

不论如何复杂的机械产品,都是由大量的通用与标准零部件和少数专用零部件组成的。这些通用与标准零部件可以由不同的专业厂来制造。这样,产品生产厂只需生产少量的专用零部件,其他零部件则由专门的标准件厂制造及提供。产品生产厂不仅可以大大减少生产费用,还可以缩短生产周期,及时满足市场与用户的需要。

由于现代化生产是按专业化、协作化组织生产的,这就提出了一个如何保证互换性的问题。在人们的日常生活中,有大量的现象涉及到互换性。例如,机器或仪器上掉了一个螺钉,按相同的规格换一个就行了;灯泡坏了,换个新的就行了;汽车、拖拉机乃至自行车、缝纫机、手表中某个机件磨损了,换上一个新的便能满足使用要求。之所以这样方便,是因为这些产品都是按互换性原则组织生产的,产品零件都具有互换性。

0.1.1 互换性的定义

所谓互换性,是指机械产品中同一规格的一批零件或部件,任取其中一件,不需作任何挑选、调整或辅助加工(如钳工修配),就能进行装配,并能保证满足机械产品的使用性能要求的一种特性。

0.1.2 互换性的种类

按互换性的程度可分为完全互换(绝对互换)与不完全互换(有限互换)。

若零件在装配或更换时,不需选择、调整或辅助加工(修配),则其互换性为完全互换性。当装配精度要求较高时,采用完全互换性将使零件制造公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。这时,将零件的制造公差适当放大,使之便于加工,而在零件完工后再用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组,使每组零件间实际尺寸的差别减小,装配时按相应组进行(例如,大孔组零件与大轴组零件装配,小孔组零件与小轴组零件装配)。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能解决加工困难,降低成本。此种仅组内零件可以互换,组与组之间不能互换的特性,称之为不完全互换性。

对标准部件或机构来说,互换性又分为外互换与内互换。

外互换是指部件或机构与其装配件间的互换性。例如,滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与轴承孔的配合。

内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换性。例如,滚动轴承的外圈内滚道、内圈外滚道与滚动体的装配。

为使用方便起见,滚动轴承的外互换采用完全互换;而其内互换则因其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。一般地说,不完全互换只用于部件或机构的制造厂内部的装配,至于厂外协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。

0.1.3 互换性的作用

从使用上看,由于零件具有互换性,零件坏了可以以新换旧,方便维修,从而提高机器的利用率和延长机器的使用寿命。

从制造上看,互换性是组织专业化协作生产的重要基础,而专业化生产有利于采用高科技和高生产率的先进工艺和装备,从而提高生产率,提高产品质量,降低生产成本。

从设计上看,可以简化制图、计算工作,缩短设计周期,并便于采用计算机辅助设计(CAD),这对发展系列产品十分重要。例如,手表在发展新品种时,采用具有互换性的统一机芯,不同品种只需进行外观的造型设计,这就使设计与生产准备的周期大大缩短。

互换性生产原则和方式是随着大批量生产而发展和完善起来的,它不仅在单一品种的大批量生产中广为采用,而且已用于多品种、小批量生产;在由传统的生产方式向现代化的数字控制(NC)、计算机辅助制造(CAM)及柔性生产系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)的逐步过渡中也起着重要的作用。科学技术越发展,对互换性的要求越高、越严格。例如,柔性生产系统的主要特点是可以根据市场需求改变生产线上产品的型号和品种,当生产线上工序变动时,信息送给多品种控制器,控制器接受将要装配哪些零件的指令后,指定机器人(机械手)选择零件,进行装配,并经校核送到下一工序。库存零件提取后,由计算机通知加工站补充零件。显然,这种生产系统对互换性的要求更加严格。

因此,互换性原则是组织现代化生产的极为重要的技术经济原则。

0.1.4 互换性生产的实现

任何机械都是由若干最基本的零件构成的。这些具有一定尺寸、形状和相互位置几何参数的零件,可以通过各种不同的连接形式而装配成为一个整体。

由于任何零件都要经过加工的过程,无论设备的精度和操作工人的技术水平多么高,要使加工零件的尺寸、形状和位置做得绝对准确,不但不可能,也是没有必要的。只要将零件加工后各几何参数(尺寸、形状和位置)所产生的误差控制在一定的范围内,就可以保证零件的使用功能,还能实现互换性。

零件几何参数这种允许的变动量称为公差。它包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。公差用来控制加工中的误差,以保证互换性的实现。因此,建立各种几何参数的公差标准是实现零件误差的控制和保证互换性的基础。

完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。检测包含检验与测量,检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内,并判断其是否合格;测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较,以确定被测量的具体数值的过程。检测不仅用来评定产品质量,而且用于分析产生不合格品的原因,及时调整生产,监督工艺过程,预防废品产生。

综上所述,合理确定公差与正确进行检测是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

0.2 标准化概述

0.2.1 标准化及其作用

1. 标准

标准为在一定的范围内获得最佳秩序,对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性的文件。该文件经协商一致制定并经一个公认机构的批准。标准应以科学、技术和经验的综合成果为基础,以促进最佳社会效益为目的。

标准一般是指技术标准,它是指对产品和工程的技术质量、规格及其检验方法等方面所作的技术规定,是从事生产、建设工作的一种共同技术依据。

标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

标准中的基础标准则是指生产技术活动中最基本的、具有广泛指导意义的标准。这类标准具有最一般的共性,因而是通用性最广的标准。例如,极限与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准等。

2. 标准化

标准化是指在经济、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的全部活动过程。

在机械制造中,标准化是实现互换性生产、组织专业化生产的前提条件;是提高产品质量、降低产品成本和提高产品竞争能力的重要保证;是消除贸易障碍,促进国际技术交流和贸易发展,使产品打进国际市场的必要条件。随着经济建设和科学技术的发展、国际贸易的扩大,标准化的作用和重要性越来越受到各个国家特别是工业发达国家的高度重视。

总之,标准化在实现经济全球化、信息社会化方面有其深远的意义。

0.2.2 优先数和优先数系

优先数和优先数系标准是重要的基础标准。由于工程上的技术参数值具有传播特性,如造纸机械的规格和参数值会影响印刷机械、书刊、报纸、复印机、文件柜等的规格和参数值,因此对各种技术参数值协调、简化和统一是标准化的重要内容。优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的科学数值制度。

国家标准(GB 321—80)规定的优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有10的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比的数列。各数列分别用符号R5, R10, R20, R40, R80表示,并分别称为R5系列, R10系列,……其中, R5, R10, R20, R40四个系列是优先数系中的常用系列,称为基本系列(见表0.1)。

表 0.1 优先数系的基本系列

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

优先数系中的任一个项值称为优先数。

采用等比数列作为优先数系可使相邻两个优先数的相对差相同,且运算方便,简单易记。在同一系列中,优先数的积、商、整数幂仍为优先数。因此,这种优先数系已成为国际上统一的数值分级制度。

0.3 本课程的研究对象及任务

本课程是高等院校机械类、仪器仪表类和机电结合类各专业必修的主干技术基础课程。它包含几何量公差与误差检测两大方面的内容,把标准化和计量学两个领域的有关部分有机地结合在一起,与机械设计、机械制造、质量控制等多方面密切相关,是机械工程技术人员和管理人员必备的基本知识技能。

本课程的研究对象是几何参数的互换性,即研究如何通过规定公差合理解决机器使用要求与制造要求之间的矛盾,以及如何运用技术测量手段保证国家公差标准的贯彻实施。通过本课程的学习,应达到以下要求:

- (1) 建立互换性的基本概念,掌握各有关公差标准的基本内容、特点和表格的使用,能根据零件的使用要求,初步选用其公差等级、配合种类、形位公差及表面质量参数值等,并能在图样上进行正确的标注。
- (2) 建立技术测量的基本概念,了解常用测量方法与测量器具的工作原理,通过实验,初步掌握测量操作技能,并分析测量误差与处理测量结果。会设计光滑极限量规。

总之,本课程的任务是使学生获得互换性与测量技术的基本理论、基本知识和基本技能,了解互换性和测量技术学科的现状和发展,具有继续自学并结合工程实践应用、扩展的能力。

第 1 章 极限与配合

1.1 概 述

为使零件具有互换性,必须保证零件的尺寸、几何形状和相互位置以及表面特征技术要求的一致性。就尺寸而言,互换性要求尺寸的一致性,但并不是要求零件都准确地制成一个指定的尺寸,而只要求尺寸在某一合理的范围内。对于相互结合的零件,这个范围既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的关系,以满足不同的使用要求,又要在制造上是经济合理的。这样就形成了“极限与配合”的概念。由此可见,“极限”用于协调机器零件使用要求与制造经济性之间的矛盾,“配合”则是反映零件组合时相互之间的关系。

标准化的极限与配合制,有利于机器的设计、制造、使用与维修,有利于保证产品精度、使用性能和寿命等,也有利于刀具、量具、夹具和机床等工艺装备的标准化。

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,颁布了一系列国家标准,1994 年以后又进行了进一步的修订。新修订的“极限与配合”标准由以下几个标准组成: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 1803—2003《公差与配合 尺寸至 18 mm 孔、轴公差带》;GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》

1.2 基本术语及其定义

1.2.1 有关尺寸的术语定义

1. 尺寸

以特定单位表示线性尺寸值的数值。尺寸表示长度的大小,包括直径、长度、宽度、高度、厚度以及中心距、圆角半径等。它由数字和长度单位(如 mm)组成,不包括用角度单位表示的角度尺寸。

2. 基本尺寸(D, d)^①

通过基本尺寸应用上、下偏差可算出极限尺寸,如图 1.1a 所示。它是确定偏差位置的起始尺寸。基本尺寸是从零件的功能出发,通过强度、刚度等方面的计算或结构需要,并考虑工艺方

^① 标准规定,大写字母表示孔的有关代号,小写字母表示轴的有关代号。后同。

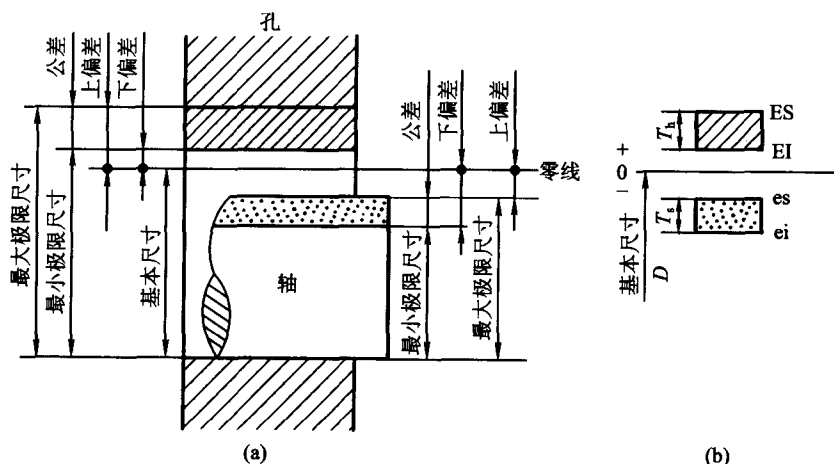


图 1.1 极限与配合示意图

面的其他要求后确定的,它一般应按标准尺寸(GB 2822—81)选取并在图样上标注。

3. 实际尺寸(D_a, d_a)

通过测量获得的尺寸。由于存在测量误差,所以实际尺寸并非尺寸的真值。又由于存在形状误差,工件上各处的实际尺寸往往是不同的。

局部实际尺寸:任何两相对点之间测得的尺寸。

4. 极限尺寸

一个孔或轴允许的尺寸的两个极端。孔或轴允许的最大尺寸称为最大极限尺寸,分别以 $D_{\max}$ 和 $d_{\max}$ 表示。孔或轴允许的最小尺寸称为最小极限尺寸,分别以 $D_{\min}$ 和 $d_{\min}$ 表示。

5. 最大实体状态(MMC)与最大实体尺寸(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。在最大实体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。孔和轴的最大实体尺寸分别以 D_M 和 d_M 表示。

6. 最小实体状态(LMC)与最小实体尺寸(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。在最小实体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和轴的最小极限尺寸的统称。孔和轴的最小实体尺寸分别以 D_L 和 d_L 表示。

7. 作用尺寸(D_f, d_f)

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,与实际轴外接的最小理想孔的尺寸称为轴的作用尺寸,如图 1.2 所示。

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其最大实体尺寸,且在任何位置上的实际尺寸不允许超过其最小实体尺寸。

用极限尺寸判断原则判断合格的孔或轴,其尺寸应符合:

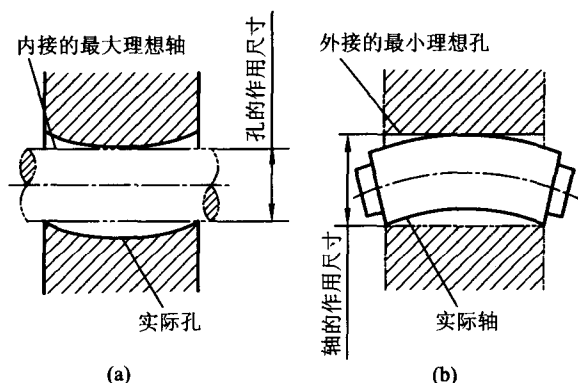


图 1.2 孔或轴的作用尺寸

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

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

1.2.2 有关公差与偏差的术语定义

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。实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差;最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差;最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。上偏差与下偏差统称为极限偏差。偏差可以为正、负或零值。

孔: 上偏差 $ES = D_{\max} - D$, 下偏差 $EI = D_{\min} - D$, 实际偏差 $E_a = D_a - D$

轴: 上偏差 $es = d_{\max} - d$, 下偏差 $ei = d_{\min} - d$, 实际偏差 $e_a = d_a - d$

2. 尺寸公差(简称公差)

允许尺寸的变动量。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸代数差的绝对值,也等于上、下偏差之代数差的绝对值。公差取绝对值,不存在负值,也不允许为零。

孔公差: $T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$

轴公差: $T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$

3. 公差带图

公差带图由零线和公差带组成。由于公差或偏差的数值比基本尺寸的数值小得多,在图中不使用同一比例表示,同时为了简化,在分析有关问题时,不画出孔、轴的结构,只画出放大的孔、轴公差区域和位置,采用这种表达方法的图形称为公差带图,如图 1.1b 所示。

零线 在公差带图中,确定偏差位置的一条基准直线。通常零线位置表示基本尺寸,正偏差位于零线上方,负偏差位于零线的下方。

公差带 在公差带图中,由代表上、下偏差的两平行直线所限定的区域。

在国家标准中,公差带图包括了“公差带大小”与“公差带位置”两个参数,前者由标准公差确定,后者由基本偏差确定。

4. 标准公差

极限与配合制标准中所规定的(确定公差带大小的)任一公差。

5. 基本偏差

极限与配合制标准中所规定的确定公差带相对于零线位置的那个极限偏差。它可以是上偏差或下偏差,一般为靠近零线的那个极限偏差。

1.2.3 有关配合的术语定义

1. 孔和轴

在极限与配合标准中,孔和轴这两个基本术语有其特定的含义,它涉及到极限与配合国家标准的应用范围。

孔:通常指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由二平行平面或切面形成的包容面)。例如,图 1.3 所示零件的各内表面上, D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 各尺寸都称为孔。

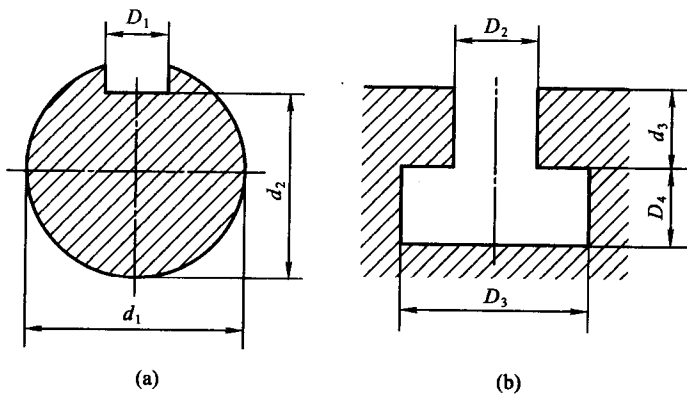


图 1.3 孔与轴

轴:通常指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由二平行平面或切面形成的被包容面)。例如,图 1.3 所示零件的各外表面上 d_1 、 d_2 、 d_3 各尺寸都称为轴。

2. 配合

基本尺寸相同的,相互结合的孔和轴公差带之间的关系。根据孔和轴公差带之间的关系不同,配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三大类。

3. 间隙或过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为正时称为间隙,用 X 表示;为负时称为过盈,用 Y 表示。

4. 间隙配合

具有间隙(包括最小间隙为零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之上。见图 1.4a 所示。

由于孔、轴的实际尺寸允许在各自公差带内变动,所以孔、轴配合的间隙也是变动的。当孔为 $D_{\max}$ 而相配合轴为 $d_{\min}$ 时,装配后形成最大间隙 $X_{\max}$;当孔为 $D_{\min}$ 而相配合轴为 $d_{\max}$ 时,装配后形成最小间隙 $X_{\min}$ 。用公式表示为

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

$X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 统称为极限间隙。实际生产中,成批生产零件的实际尺寸大部分为极限尺寸的平均值,所以形成的间隙大多数在平均尺寸形成的平均间隙附近,平均间隙以 X_{av} 表示,其大小为

$$X_{av} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}$$

5. 过盈配合

具有过盈(包括最小过盈为零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带的下方,如图 1.4b 所示。

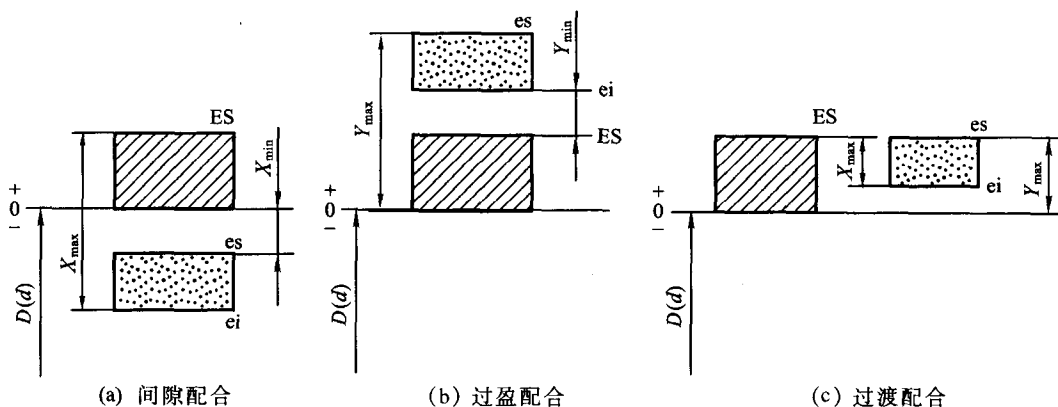


图 1.4 三类配合的公差带

当孔为 $D_{\min}$ 而相配合轴为 $d_{\max}$ 时,装配后形成最大过盈 $Y_{\max}$;当孔为 $D_{\max}$ 而相配合轴为 $d_{\min}$ 时,装配后形成最小过盈 $Y_{\min}$ 。用公式表示为

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$Y_{\max}$ 和 $Y_{\min}$ 统称为极限过盈。同上,在成批生产中,最可能得到的是平均过盈附近的过盈值,平均过盈用 Y_{av} 表示,其大小为

$$Y_{av} = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2}$$

6. 过渡配合

可能具有间隙或过盈的配合。此时,孔的公差带与轴的公差带相互交叠。见图 1.4c。

当孔为 $D_{\max}$ 而相配合轴为 $d_{\min}$ 时,装配后形成最大间隙 $X_{\max}$;当孔为 $D_{\min}$ 而相配合轴为 $d_{\max}$ 时,装配后形成最大过盈 $Y_{\max}$ 。用公式表示为

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

与前两种配合一样,成批生产中的零件,最可能得到的是平均间隙或平均过盈附近的值,其大小为

$$X_{av}(Y_{av}) = \frac{X_{max} + Y_{max}}{2}$$

按上式计算所得的值为正时是平均间隙,为负时是平均过盈。

7. 配合公差(T_f)

组成配合的孔、轴公差之和。它是允许间隙或过盈的变动量。

$$\left. \begin{array}{l} \text{对于间隙配合 } T_f = |X_{max} - X_{min}| \\ \text{对于过盈配合 } T_f = |Y_{min} - Y_{max}| \\ \text{对于过渡配合 } T_f = |X_{max} - Y_{max}| \end{array} \right\} = T_h + T_s$$

上式说明,配合精度取决于相互配合的孔和轴的尺寸精度。若要提高配合精度,则必须减少相配合孔、轴的尺寸公差,这将会使制造难度增加,成本提高。所以,设计时要综合考虑使用要求和制造难易这两个方面,合理选取,从而提高综合技术经济效益。

8. 配合公差带图

用来直观地表达配合性质,即配合松紧及其变动情况的图。在配合公差带图中,横坐标为零线,表示间隙或过盈为零;零线上方的纵坐标为正值,代表间隙,零线下方的纵坐标为负值,代表过盈。配合公差带两端的坐标值代表极限间隙或极限过盈,它反映配合的松紧程度;上、下两端的距离为配合公差,它反映配合的松紧变化程度。如图 1.5 所示。

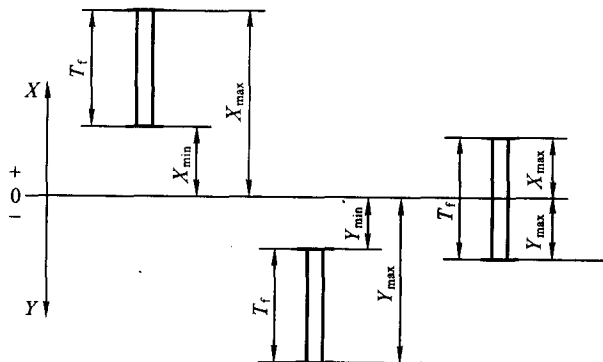


图 1.5 配合公差带图

例 1.1 求下列三对配合孔、轴的基本尺寸、极限尺寸、公差、极限间隙或极限过盈,平均间隙或平均过盈及配合公差,指出各属何类配合,并画出尺寸公差带图与配合公差带图。

(1) 孔 $\phi 30_{+0.021}^{+0.021}$ mm 与轴 $\phi 30_{-0.033}^{-0.020}$ mm 相配合。

(2) 孔 $\phi 30_{+0.008}^{+0.021}$ mm 与轴 $\phi 30_{+0.008}^{+0.021}$ mm 相配合。

(3) 孔 $\phi 30_{+0.035}^{+0.021}$ mm 与轴 $\phi 30_{+0.035}^{+0.048}$ mm 相配合。

解: 根据题目要求,求得各项参数如表 1.1 所列,尺寸公差带图与配合公差带图见图 1.6 和图 1.7 所示。