

普通高等教育机电类专业规划教材

互换性 与技术测量

HUHUANKING YU JISHU CILIANG



屈波○主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赠 电 子 课 件
习 题 答 案
电 子 教 案

普通高等教育机电类专业规划教材

互换性与技术测量

主 编 屈 波

副主编 程惠清 包中碧

参 编 李亚利 黄嗒磊 白 鸽



机械工业出版社

本书从控制机械产品质量的要求出发,系统地介绍了几何量公差的选择和检测的基本知识。对于上述知识,本书在编写上,力求从实践出发,使知识内容由浅入深,层层展开,易于激发学生学习兴趣,掌握知识。为了满足教师教学、学生易学、读者自学的要求,本书采用最新国家标准,做到图、文、表格数据和习题相结合。

本书主要内容包括:绪论,主要介绍本课程在机械制造中的重要性 and 国家标准简介;光滑圆柱体联接的互换性,主要介绍零件的尺寸精度设计;长度测量基础,主要介绍测量基本知识和测量数据处理;几何公差与检测,主要介绍零件形状、方向、位置、跳动几何精度设计与检测;表面粗糙度,主要介绍零件微观几何精度设计与检测;光滑极限量规,主要介绍通用量规的几何精度与设计;滚动轴承的互换性与检测,主要介绍与滚动轴承配合的轴和孔的精度设计;圆锥的互换性与检测;键与花键联结的互换性与检测,主要介绍键的精度等级配合的选用;普通螺纹联接的互换性与检测;渐开线直齿圆柱齿轮传动的互换性及检测等。本书配有电子课件(PPT)、各章习题答案、电子教案等,凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网(<http://www.cmpedu.com>)下载,或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话:010-88379375。

本书既可作为高职高专院校、成人高校、本科院校的二级职业技术学院等机械类专业教学用书,也可供有关领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/屈波主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 5

普通高等教育机电类专业规划教材

ISBN 978-7-111-46262-0

I. ①互… II. ①屈… 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(2014)第 061374 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王英杰 责任编辑:王英杰 武 晋

版式设计:赵颖喆 责任校对:肖 琳

封面设计:陈 沛 责任印制:刘 岚

北京玥实印刷有限公司印刷

2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.5 印张·353 千字

0001—2000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-46262-0

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材吸取了兄弟学校多年的教学经验和成果，采用了目前最新的国家标准，讲述现行国标的规定及应用，把几何量的误差、公差标准及其应用、测量方法密切地结合起来，力求内容精练、重点突出、深入浅出、学用结合，符合高职高专“重在应用”的教学要求。把教材的重点放在专业课和生产一线的应用上，并注重各标准的标注与通用量具的测量。

“互换性与技术测量”是高等职业学院、高等专科学校机械类各专业的重要技术基础课。它包含几何量公差与误差测量两大方面的内容，与机械设计、机械制造及其质量控制密切相关，把标准化和计量学两个学科有机地结合在一起，是机械工程人员和管理人员必须掌握的基本知识和技能。

由于各校对“互换性与技术测量”课程教学内容改革的情况有所不同，本课程还需要通过相关课程的教学和课程设计、毕业设计，以至以后的工作实践来加以巩固，才能更好地掌握公差选用的技能。技术测量有很强的实践性，在学习本课程中，除了课堂教学以外，还应通过实验、现场教学等方法来学习。各学校在使用本教材中可根据具体情况进行取舍。

本教材主要内容包括绪论、光滑圆柱体联接的互换性、长度测量基础、几何公差与检测、表面粗糙度、光滑极限量规、滚动轴承的互换性与检测、圆锥的互换性与检测、键与花键联结的互换性与检测、普通螺纹联接的互换性与检测、渐开线直齿圆柱齿轮传动的互换性及检测等。参与本书编写的有：重庆工业职业技术学院屈波（绪论、第一章、第四章、第五章、第六章）、程惠清（第二章、第三章）、包中碧（第九章、第十章）、李亚利（第七章）、重庆长寿职业教育中心白鸽（第八章）。本书由屈波任主编，程惠清、包中碧任副主编，李亚利、白鸽任参编，重庆工业职业技术学院黄噪磊负责PPT编辑和动画制作。本教材配有电子课件PPT、各章习题答案、电子教案等。

本教材编写得到了有关企业人士的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论	1	四、极限与配合选择综合示例	36
第一节 课程的研究对象与任务	1	习题一	39
一、课程研究对象	1	第二章 长度测量基础	40
二、课程任务	1	第一节 概述	40
第二节 互换性、公差标准	1	一、测量的基本概念	40
一、互换性	1	二、长度基准与长度量值传递	41
二、零件的加工误差与公差	3	三、量块	41
三、标准及标准化	5	第二节 测量器具与测量方法	45
四、技术测量	5	一、测量器具的分类及基本计量参数	45
第三节 课程的特点和学习方法	6	二、测量方法	46
一、本课程的特点	6	三、测量器具的选择	48
二、本课程的学习方法	6	第三节 测量误差及数据处理	50
习题	6	一、测量误差的概念	50
第一章 光滑圆柱体联接的互换性	7	二、测量误差的来源	50
第一节 光滑圆柱的互换性基本概念	7	三、测量误差的分类	51
一、有关尺寸要素、尺寸的术语及定义	7	四、随机误差的处理	53
二、有关尺寸偏差与公差的术语及定义	9	习题二	58
三、有关配合的术语和定义	11	第三章 几何公差与检测	59
第二节 公差与配合国家标准简介	15	第一节 几何公差与标注	59
一、基准制	15	一、几何公差概述	59
二、标准公差系列	16	二、几何公差特征项目及符号	60
三、基本偏差系列	19	三、几何公差标注	61
四、极限与配合在图样上的标注	25	第二节 形状公差与形状误差检测	65
五、常用和优先的公差带与配合	25	一、形状公差与公差带	65
六、常用尺寸段(公称尺寸至500mm)		二、形状误差的评定准则	65
孔、轴公差配合	27	三、直线度公差与平面度公差及其	
七、线性尺寸的未注公差——一般		相应的误差检测	66
公差	28	四、圆度公差与圆柱度公差及其相应的	
第三节 公差与配合的选用	29	误差检测	71
一、基准制的选用	29	五、线轮廓度公差和面轮廓度公差及其	
二、公差等级的选用	30	相应的误差检测	73
三、配合的选用	32	第三节 方向、位置和跳动公差及其相应的	

误差检测	75	习题四	122
一、方向、位置和跳动公差与公差带	75	第五章 光滑极限量规	123
二、方向、位置和跳动误差的评定准则	75	第一节 光滑极限量规概述	123
三、方向公差与方向误差检测	78	一、光滑极限量规的检验原理	123
四、位置公差与位置误差检测	82	二、光滑极限量规的分类	123
五、跳动公差与跳动误差检测	85	三、量规的形状	124
第四节 公差原则与应用	87	第二节 量规尺寸公差带	126
一、有关公差原则的基本概念	87	一、工作量规基本尺寸的确定	126
二、独立原则	90	二、工作量规公差带	126
三、相关要求	91	第三节 工作量规设计	127
第五节 几何公差的选择	95	一、工作量规的设计原则及结构	127
一、几何公差项目的选择	95	二、工作量规的主要技术要求	128
二、几何公差值的确定	95	三、量规的结构	128
三、基准的选择	100	四、工作量规极限偏差的计算	128
四、公差原则和公差要求的选择	100	习题五	130
五、几何公差的未注公差	100	第六章 滚动轴承的互换性与检测	131
六、几何公差选用标注举例	102	第一节 滚动轴承的公差	131
习题三	104	一、滚动轴承的结构及分类	131
第四章 表面粗糙度	106	二、滚动轴承的精度等级	132
第一节 概述	106	三、滚动轴承内径、外径的公差带 及其特点	133
一、表面粗糙度的基本概念	106	四、轴颈和外壳孔的公差带	134
二、表面粗糙度对机械性能的影响	106	第二节 滚动轴承配合的选择	134
第二节 表面粗糙度的评定	107	一、确定轴承配合的依据	134
一、基本术语	107	二、轴颈和外壳孔的几何公差与表面 粗糙度	139
二、评定参数	109	三、滚动轴承配合选择实例	140
第三节 表面粗糙度的选择	110	第三节 滚动轴承的检测	140
一、表面粗糙度评定参数的选择	110	一、轴承测量内容	140
二、表面粗糙度参数值的选用	111	二、轴承测量仪器	141
第四节 表面粗糙度的标注	114	习题六	142
一、表面粗糙度的符号	114	第七章 圆锥的互换性与检测	143
二、表面粗糙度的代号与标注	115	第一节 概述	143
三、标注示例	117	一、圆锥配合	143
第五节 表面粗糙度的测量	118	二、圆锥配合的特点	143
一、比较法	118	三、圆锥的几何参数	144
二、印模法	118	四、锥度与锥角系列	145
三、光切法	119	第二节 圆锥标注	148
四、干涉法	120	一、锥度标注案例	148
五、针描法	120		
六、新型智能化测量	121		

二、圆锥尺寸在图样上的标注	148	第三节 普通螺纹的公差与配合	186
第三节 圆锥的公差与配合	149	一、普通螺纹的公差带	186
一、圆锥的公差	149	二、螺纹的旋合长度与配合精度	188
二、圆锥配合	155	三、螺纹的表面粗糙度要求	190
第四节 圆锥的检测	157	四、例题	191
一、圆锥涂色法检验及评定	157	第四节 普通螺纹的测量	192
二、圆锥量规检验法	157	一、单项测量	192
三、圆锥的锥角测量法	159	二、综合测量	193
四、圆锥的坐标测量法	160	习题九	194
五、零件检测流程	160	第十章 渐开线直齿圆柱齿轮传动的	
习题七	161	互换性及检测	195
第八章 键与花键联结的互换性与检测	163	第一节 概述	195
第一节 单键联结的互换性与检测	163	一、圆柱齿轮传动的使用要求	195
一、概述	163	二、不同工况的齿轮对传动的要求	196
二、平键联结的公差与配合	164	第二节 单个齿轮同侧齿面的各项偏差的	
三、平键的形状、位置公差和表面粗糙度	166	检测及分类	196
四、图样标注	166	一、单个齿轮同侧齿面的各项	
五、键的测量	167	偏差与检测	196
第二节 花键联结的互换性及检测	169	二、单个齿轮同侧齿面各项	
一、花键联结的特点	169	偏差的分类	200
二、矩形花键的互换性与检测	169	第三节 影响齿轮副传动质量的偏差	
三、渐开线花键的互换性与检测	174	分析	202
习题八	179	一、齿轮的接触斑点	202
第九章 普通螺纹联接的互换性与检测	180	二、齿轮副中心距偏差 $\pm f_a$	202
第一节 概述	180	三、齿轮副轴线的平行度偏差 $f_{\Sigma\delta}$ 、 $f_{\Sigma\beta}$	203
一、普通螺纹联接的基本要求	180	四、齿轮副侧隙及评定	203
二、普通螺纹的基本牙型和几何参数	180	第四节 圆柱齿轮精度标准及应用	205
第二节 普通螺纹的几何参数误差对		一、齿轮精度等级及公差值	205
互换性的影响	182	二、齿轮精度等级的选择与应用	217
一、螺纹直径误差对互换性的影响	182	三、齿轮检验项目	217
二、保证普通螺纹互换性的条件	185	四、齿坯公差	217
		五、齿轮零件工作图样	219
		六、应用举例	220
		习题十	223
		参考文献	224

绪 论

第一节 课程的研究对象与任务

一、课程研究对象

“互换性与技术测量”是机电类及相关专业必修的主要专业基础课程，其上承“机械制图”“机械设计基础”，下启“机械制造技术”“制造工艺”“夹具”等课程，对识读工程图样、领会产品设计理念、确定零件加工制造方法、保证产品制造质量尤为重要。

机器的设计一般都是先从运动设计到总体设计，再到结构设计，最后到零件设计，最终完成对机器的功能、结构形状及尺寸的设计。为了实现零件的加工和装配，使机器正常运转，并实现所要求的功能，就需要在进行机器的结构设计、零件设计时，对零部件和机器进行精度设计。本课程就是研究零件几何精度设计和几何精度测量，所以，这是一门实践性很强的课程。

二、课程任务

本课程的主要任务是使学生具备作为企业技术人员、操作人员所必备的关于机械零件几何参数公差配合与检测技术方面的业务知识和操作技能。开始接触这门课程时，学生会感到比较困难，摸不到门路，但是随着后继课程的学习和实践知识的丰富，将会加深对本课程内容的理解。实际上，这门课程是从理论到工程技术的过渡课程，也是工程技术人员形成工程技术思维方式必须学习的基础课程。

现代制造业对零件的互换性要求日益提高，要求机械零件的制造误差越来越小，精度越来越高，这就要求从业人员处理好产品使用要求与制造精度之间的关系，处理好公差配合设计及选择与加工误差之间的关系。随着我国在世界经济圈中的制造业定位日趋明显，本课程专业知识的作用也越来越突出。

本课程要求学生：建立标准化生产与互换性原理的基本理念；掌握零件几何参数公差配合标准的主要内容及相关规定；能正确选用公差配合进行产品或零件几何精度设计；对常用的公差配合能正确标注、解释和查阅相关技术标准；掌握常用测量仪器的使用方法；能对典型零件的几何参数进行综合测量；了解常用量规的设计原理。

第二节 互换性、公差标准

一、互换性

1. 互换性概念

互换性原理始于兵器，我国早在战国时期生产的兵器就符合互换性要求。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、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,促使机械制造业迅速发展。20世纪以后,汽车工业迅速发展,形成了现代化大工业生产,由于批量大和零部件品种多,要求组织专业化集中生产和广泛的协作,而实现现代工业产品生产的基本要求就是产品的互换性。在日常生产生活中,如机床、汽车、自行车、电视机等的某个零件损坏后,买一个相同规格的零件,装好后就能照常使用。零件或产品的互换性是指零部件在装配时,同一规格的产品能够不需选择、不经调整、不用修配,就能保证产品使用性能的特性。例如在实际生产中,装配工人任意从相同规格的一批零件中选出一个装到机器上,装配后的机器就能正常工作。

2. 互换性分类

在机械中,互换性可分为广义互换性和狭义互换性。广义互换性是指机器的零件在各种性能方面都达到了使用要求,如性能参数中的精度、强度、刚度、硬度、使用寿命、耐腐蚀性、热变形、导电性等,都能满足机器的功能要求。狭义互换性是指机器的零部件能满足几何参数方面的要求,如尺寸、形状、位置和表面粗糙度的要求。本课程只研究几何参数方面的互换性。

互换性按互换程度可分为完全互换和不完全互换。所谓完全互换,是指对同一规格的零件,不加挑选和修配就能满足使用要求的互换性。不完全互换是指装配时需要进行挑选或调整才能满足使用要求。

完全互换多用于大量成批生产的标准零部件,如齿轮、滚动轴承、普通紧固螺纹制件等。这种生产方式效率高,同时也有利于各生产单位和部门之间的协作。

不完互换多用于生产批量小和装配精度要求高的情况。当装配精度要求很高时,每个零件的精度也势必要求很高,这样会给零件的制造带来一定的困难。为了解决这一矛盾,在生产中经常采用分组装配法和调整法,以保证装配精度要求。随着现代科学技术的发展,制造业的加工技术发生了翻天覆地的变化,较多的中小批量生产企业已采用数控机床(CNC)、加工中心(MC)、柔性制造系统(FMS)以及计算机集成制造系统(CIMS)等最新机械加工技术。这类技术所用的设备调整方便、快速,自动化程度高,精度高,柔性好(即可变性好),所以特别适用于多品种、高精度、高质量机械产品的加工,满足了多品种、中小批量生产。

目前,市场已从传统的相对稳定型市场演变成动态多变型市场,占主导地位的大批量生产已越来越不适应市场的需求,而生产周期短、多品种小批量生产的比例越来越大,世界各国的制造业都面临新的挑战 and 机遇。

3. 互换性的作用

互换性生产为制造者和消费者都提供了极大的便利。对消费者而言,产品、零件可以以新换旧,维修方便,延长产品的使用寿命;对制造者而言,可以按相应标准实现生产规模的扩大,提高劳动生产率,降低成本,使得现代化大生产和跨行业、跨地区、跨国生产得以实现,人们在家中就可以消费全世界不同国家、不同企业生产制造和组装的各类产品。

互换性生产的实现依赖于零件制造的各种技术标准。由此可见,标准化是实现互换性的前提条件。一个产品若没有一套完整、切实可行的标准,生产的产品实现互换性是不可能的,不仅如此,还会大大地增加产品的生产成本,给制造和消费都带来极大的不方便。

二、零件的加工误差与公差

1. 加工误差

零件加工时,任何一种加工方法都不可能把工件做得绝对准确,而且也没有必要,一批零件的尺寸大小各有不同程度的差异。由于工艺传统误差和其他因素的影响,即使在相同的条件下,也存在尺寸、形状和位置等方面的差异。加工误差是指实际几何参数对其设计理想值的偏离程度,通常称一批零件的尺寸变动为尺寸误差。制造技术水平的提高,可以减少尺寸误差,但是不能消除尺寸误差。

从满足产品使用性能方面来看,也不要求一批相同规格的零件尺寸完全相同,而是根据使用要求的高低,允许存在一定的误差。

加工误差可分为:尺寸误差、形状误差、位置误差、方向误差、跳动误差和表面粗糙度误差。

2. 公差

公差是零件制造各种技术标准中十分重要的内容,是实现互换性生产的基础。

生产实际中不可避免会产生加工误差,为了达到预定的互换性要求,就要把零部件的几何参数控制在一定的变动范围内。这个允许零件几何参数的变动范围就称为“公差”。公差是用以限制加工误差,由设计人员根据产品使用性能要求给定的,它反映了工件的制造精度和经济性的要求,体现了加工的难易程度。公差越小,加工越困难,生产成本就越高。因为误差不可能被消除,所以,公差值不能为零。

以减速器为例,它由齿轮、轴、轴承和箱体等零件组成,若要满足其使用性能,就必须控制各个零件尺寸大小和形状、位置、方向及跳动等方面的变动范围,先控制零件的制造质量,后控制零件的装配质量,即可满足机器的使用要求,如图0-1~图0-3所示。

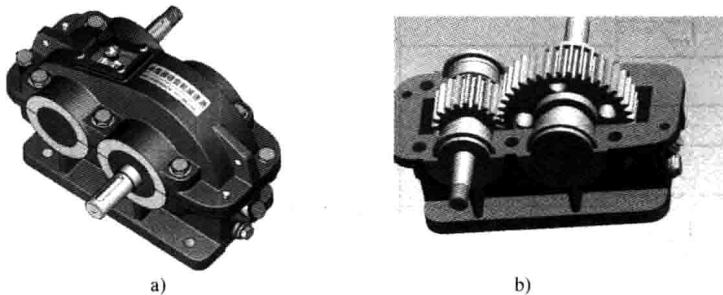


图0-1 减速器

随着机械制造业的发展,我国公差方面标准的建立和发展也在逐步完善。1944年,我国颁布过中国工业标准(CIS)。1955年,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,国家科学技术委员会正式颁布了公差与配合国家标准。1960年,第一机械工业部颁布了圆柱齿轮公差标准。以后又陆续颁布了GB/T 1031—2009《产品几何技术规范(GPS)表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值》、GB/T 1182—2008《产品几何技术规范(GPS)几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注》、GB/T 1095~1099—2003一系列关于键的标准、GB/T 1144—2001《矩形花键尺寸、公差和检验》、GB/T 197—2003

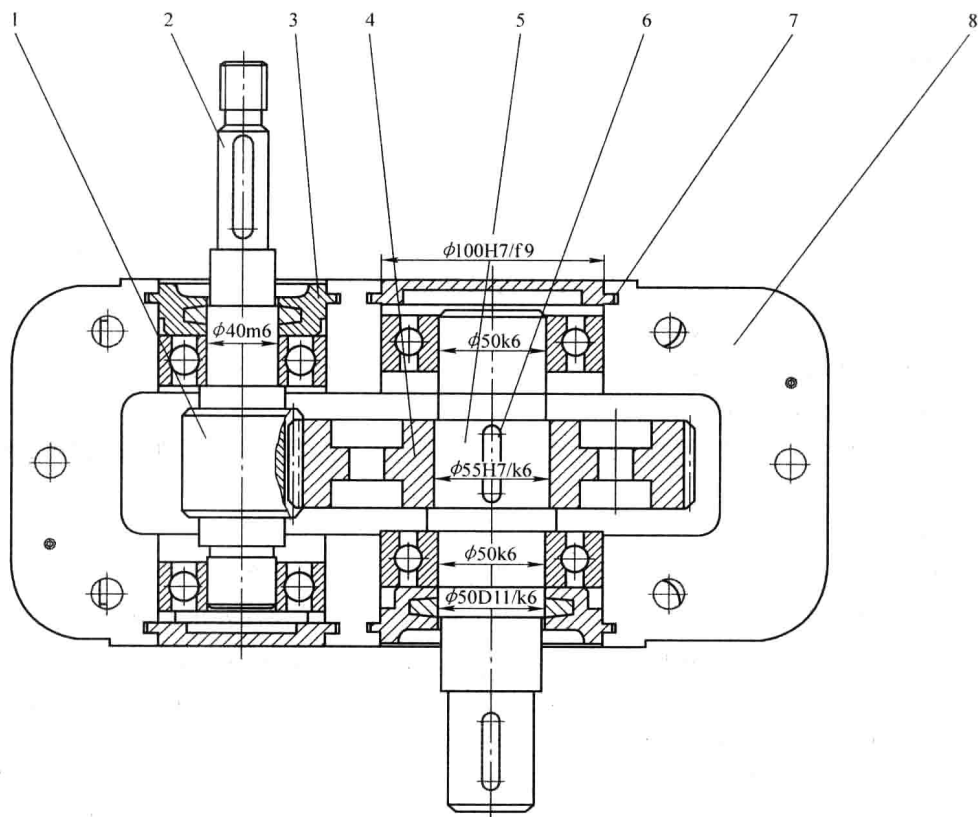


图 0-2 减速器装配图

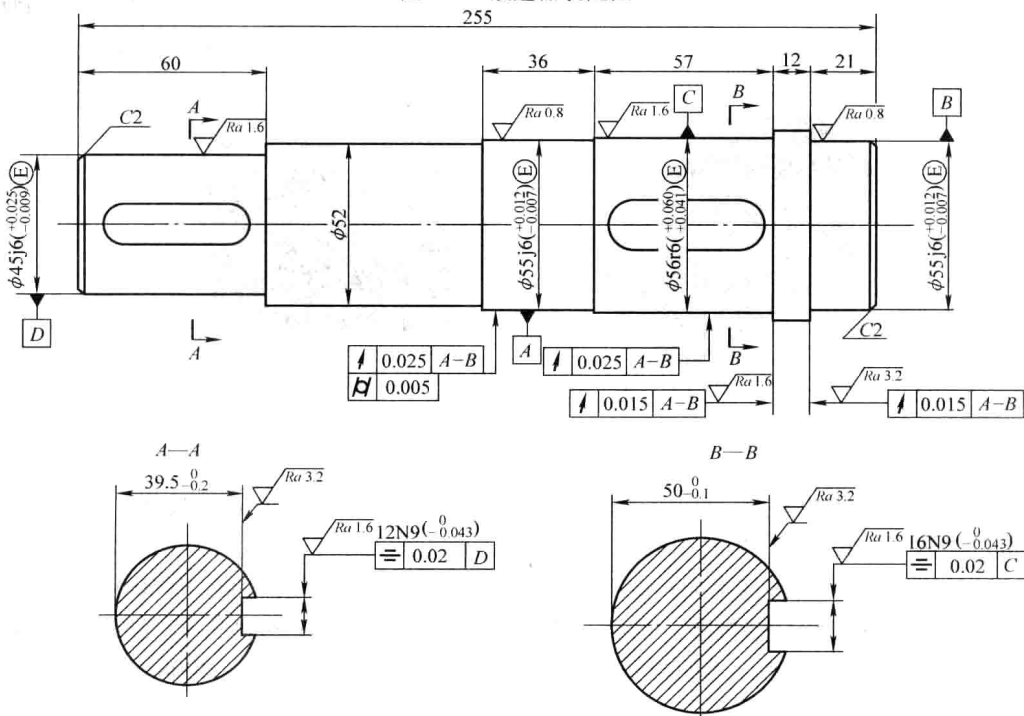


图 0-3 输出轴零件图

《普通螺纹 公差》、GB/T 1800.1—2009《产品几何技术规范（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《产品几何技术规范（GPS） 极限与配合 第2部分：标准公差等级和孔、轴极限偏差表》等。为了与国际接轨，我国的标准一直在不断完善和修订中。

目前，制造业已能加工出精度极高的产品，但加工误差依然存在，为了实现互换性生产，就必须对零件的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。将零件几何参数的允许变化量按不同的精度等级制定出公差值标准，即公差标准。不同的生产企业对各种各样的公差要求还必须具有统一的术语、协调的数据及合适的标注方式，使从事机械设计或加工的人员具有共同的技术语言和技术依据，并使设计生产过程较为方便、合理和经济。对同种零件按公差标准进行设计、制造，零件或产品就能在全社会范围内实现互换，从而可以极大地提高社会生产力。

三、标准及标准化

1. 标准

标准是指对重复性事物和概念所作的统一规定。标准一旦经审批后，不能擅自修改和拒不执行！标准在一定范围内具有约束力。国际标准化组织关于标准化原理的第一条原则就是简化和统一，即删繁就简。

标准分为国际标准、国家标准、行业标准、地区标准和企业标准，第二次世界大战后成立的国际标准化组织（ISO），为世界工业的发展起了积极的推动作用。ISO标准代表了标准化生产和产品质量的较高水平。在机械制造中，标准化是实现互换性的必要前提。

2. 标准化

标准化是指制订、贯彻和修改标准的全部过程。标准化是社会生产的产物，它推动了社会生产的发展。从经济学的观点看，工业产品的生产规模越大，则产品的单位制造成本就越低，这主要是单位固定费用的分摊小。而大批量生产的前提就是零件生产的标准化。标准化是组织现代化大生产的重要手段，是实现专业化协作生产的必要前提，是科学管理的重要组成部分，是使整个社会经济合理化的技术基础，也是发展贸易、提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。搞好标准化，对于高速度发展国民经济、提高产品和工程建设质量、提高劳动生产率、改善人民生活等都有重要的作用。

四、技术测量

公差标准是对零件的公差与配合所制订的技术标准。在制订和贯彻公差标准时，要相应采用必要的技术测量措施，它是实现互换性的必要条件。只有通过技术测量，才能知道零件的几何参数误差是否在公差要求的范围内，零件是否合格，是否满足互换性要求。检测的目的不仅在于判断零件是否合格，而且还要根据检测的结果，分析产生废品的原因，以便采取改进措施。所以，技术测量是实现互换性的技术保证。

随着生产和科学技术的发展，对几何参数的检测精度和检测效率提出了越来越高的要求。要进行检测，就必须从计量上保证长度计量单位的统一，在全国范围内规定严格的量值传递系统及采用相应的测量方法和测量工具，以保证必要的检测精度。

第三节 课程的特点和学习方法

一、本课程的特点

本课程讲授互换性与技术测量，涉及标准化与计量学两个范畴，以标准化范畴为主要内容。课程以零件的加工误差为起点，从保证产品设计质量、实现零件互换性的角度，探讨互换性及技术测量的有关问题，对产品质量设计的科学化、标准化进行深入的理解并贯彻于零件的设计与制造活动之中。

本课程特点是：定义和术语多、代号和符号多、具体规定多、内容多、经验总结多，而逻辑性和推理性较少；刚刚接触专业基础课程的学生会感到枯燥，需要记忆的内容多，记不住，不会用。因此，应当有充分的思想准备以完成由基础到专业这一过程。

二、本课程的学习方法

“互换性与技术测量”的主干是国家标准。公差标准就是技术法规，不可随意更改和不执行。在进行精度设计时，既要满足标准规定的原则要求，又要根据不同的使用要求灵活选用。机械产品的种类繁多，使用要求各异，因此熟练地掌握公差配合的选用并非易事。

在学习中，应当了解每个术语、定义的实质，及时归纳总结并掌握其区别和联系，在此基础上灵活运用。要求认真完成作业和实验，巩固并加深所学内容的理解和记忆，掌握正确的标注方法，熟悉公差与配合的选择原则和方法，树立理论联系实际、严肃认真的科学态度，培养基本操作技能，初步掌握精度设计要领并正确运用。对学习中所遇到的困难应当坚持不懈努力，反复记忆和练习，以达到熟练运用的目的。

习 题

- 0-1 何谓互换性？互换性的种类及应用场合有哪些？
- 0-2 何谓公差及误差？二者的区别和联系是什么？如果没有公差标准，也能按互换性原则进行生产吗？为什么？
- 0-3 工业生产的标准化有何作用？
- 0-4 本课程的学习目的是什么？

第一章 光滑圆柱体联接的互换性

► 导 读

本章学习的主要内容和要求：

1. 理解有关尺寸、偏差及配合的基本概念。
2. 掌握标准公差与配合国家标准的组成与特点。
3. 掌握光滑圆柱结合的基准制、配合的特点和类别。
4. 掌握尺寸公差带图和配合公差带图的绘制。
5. 了解选用尺寸公差等级及其数值的原则和方法。

光滑圆柱的公差与配合是机械工程方面重要的基础标准，它不仅适用于圆柱体，也适用于其他结合中由单一尺寸确定的部分。“公差”主要反应机器零件使用要求与制造工艺之间的矛盾；“配合”则反应组成机器的零件之间的关系。国家技术监督局不断发布实施新标准，颁布了公差与配合的国家标准 GB/T1800.1—2009，代替旧标准。我国目前已初步建立并形成了与国际标准相适应的基础公差体系，可以基本满足经济发展和对外交流的需要。

第一节 光滑圆柱的互换性基本概念

一、有关尺寸要素、尺寸的术语及定义

1. 尺寸要素

由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状，称为尺寸要素。

(1) 实际（组成）要素 任何工件在制造后都不可能达到理想形状要素的尺寸，总是存在着实际要素的。由接近实际（组成）要素限定的工件实际表面的组成要素部分，称为实际（组成）要素。

(2) 提取组成要素 按规定方法，由实际（组成）要素提取有限数目的点所形成的实际（组成）要素的近似替代，称为提取组成要素。由于每个实际要素测量方法的不同，可以有若干个替代要素。也就是说提取组成要素是用于在实际要素上测量有限个点得到的实际要素的近似替代要素来体现的，但是不等同于实际（组成）要素。

(3) 拟合组成要素 所谓拟合就是一组观测结果的数字统计与相应数值组的吻合。按规定方法，由提取组成要素形成的并具有理想形状的组成要素称为拟合组成要素。

2. 尺寸

以特定单位表示线性尺寸值的数值称为尺寸。尺寸由数字和单位两部分组成，用以表示零件几何形状的大小，包括长度、直径、半径、宽度、高度、深度、厚度和中心距等。机械制造业一般用毫米（mm）作为特定单位，在图样上或标注尺寸时，通常不标注单位，只标注数字。

(1) 公称尺寸 由图样规范确定的理想形状要素的尺寸称为公称尺寸。在设计时,公称尺寸是根据零件的由强度、刚度、结构和工艺性等要求确定的。设计时应尽量采用标准尺寸,以减少加工所用刀具、量具的规格。孔的公称尺寸用 D 表示,轴的公称尺寸用 d 表示。

(2) 提取组成要素尺寸的局部尺寸 提取组成要素的局部尺寸是一切提取组成要素上两对应点之间距离的统称。孔和轴的提取组成要素的局部尺寸分别由 D_a 和 d_a 表示。

如图 1-1 所示,粗点线表示提取表面或提取线;粗点画线表示拟合平面或拟合线;实际表面(轮廓)用粗实线表示(图中未绘出)。由粗点线所形成的不规则圆中的序号 8 所指的尺寸即为提取圆柱面圆的局部直径,可以看出,拟合圆柱面的直径尺寸不等同于公称尺寸。

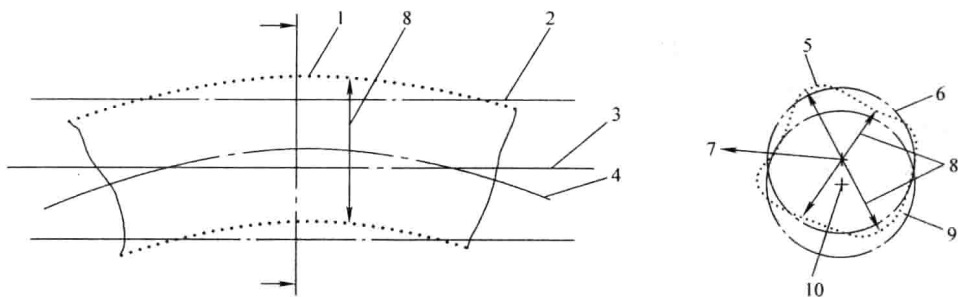


图 1-1 提取圆柱面的局部尺寸

1—提取表面 2—拟合圆柱面 3—拟合圆柱面轴线 4—提取中心线 5—提取线 6—拟合圆
7—拟合圆心 8—提取要素的局部直径 9—拟合圆柱面 10—拟合圆柱面轴线

(3) 极限尺寸 尺寸要素允许的尺寸的两个极端。提取组成要素的局部尺寸应位于其中,也可达到极限。

- 1) 上极限尺寸: 尺寸要素允许的最大尺寸称为上极限尺寸,如图 1-2 所示。
- 2) 下极限尺寸: 尺寸要素允许的最小尺寸称为下极限尺寸,如图 1-2 所示。

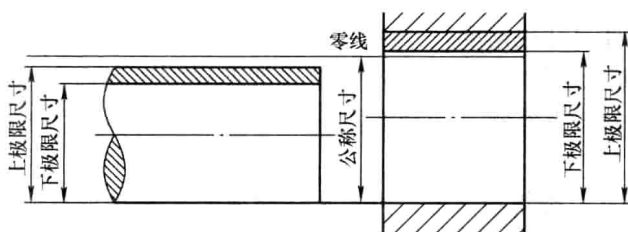


图 1-2 公称尺寸、上极限尺寸、下极限尺寸

极限尺寸可大于、小于或等于公称尺寸。合格零件的局部尺寸应在上、下极限尺寸之间。孔的上、下极限尺寸用 D_{\max} 、 D_{\min} 表示,轴的上、下极限尺寸 d_{\max} 、 d_{\min} 表示。

合格零件的尺寸条件为

$$D_{\max} \geq D_a \geq D_{\min}$$

$$d_{\max} \geq d_a \geq d_{\min}$$

(4) 最大实体状态 (MMC) 最大实体状态是指孔和轴具有允许的材料量最多时的状态。

(5) 最大实体尺寸 (MMS) 最大实体尺寸是指在最大实体状态下的极限尺寸,又称

最大实体极限, 即孔的下极限尺寸 D_{\min} 和轴的上极限尺寸 d_{\max} 的统称。

(6) 最小实体状态 (LMC) 最小实体状态是指孔和轴具有允许的材料量最少时的状态。

(7) 最小实体尺寸 (LMS) 最小实体尺寸是指在最小实体状态下的极限尺寸, 又称为最小实体极限, 即孔的上极限尺寸 D_{\max} 和轴的下极限尺寸 d_{\min} 的统称。

二、有关尺寸偏差与公差术语及定义

1. 偏差

为某一尺寸减去其公称尺寸所得的代数差。

2. 实际偏差

实际 (组成) 要素尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为实际偏差, 依据定义表示如下:

$$\text{孔的实际偏差} \quad E_a = D_a - D$$

$$\text{轴的实际偏差} \quad e_a = d_a - d$$

3. 极限偏差

极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为极限偏差。其中, 上极限尺寸与公称尺寸之差称为上极限偏差 (ES, es), 下极限尺寸与公称尺寸之差称为下极限偏差 (EI, ei), 如图 1-3 所示。

上、下极限偏差统称为极限偏差。依据定义, 孔、轴极限偏差表示如下:

$$\text{孔的上极限偏差} \quad ES = D_{\max} - D$$

$$\text{孔的下极限偏差} \quad EI = D_{\min} - D$$

$$\text{轴的上极限偏差} \quad es = d_{\max} - d$$

$$\text{轴的下极限偏差} \quad ei = d_{\min} - d$$

应该注意, 偏差为代数, 可能为正、负值或零。极限偏差用于控制实际偏差。完工后零件尺寸的合格条件常用偏差关系式表示如下:

$$\text{孔合格的条件} \quad EI \leq E_a \leq ES$$

$$\text{轴合格的条件} \quad ei \leq e_a \leq es$$

4. 公差

尺寸公差简称公差, 是指允许尺寸的变动量, 是上极限尺寸减下极限尺寸之差, 或者是上极限偏差减下极限偏差之差。如图 1-3 所示, 其关系式表示如下:

$$\text{孔的公差} \quad T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$\text{轴的公差} \quad T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

公差与偏差之间的区别和联系:

1) 公差与偏差是两个不同的概念。

2) 公差大小决定了允许尺寸变动范围的大小。若公差值大, 则允许尺寸变动范围大, 因而要求加工精度低; 相反, 若公差值小, 则允许尺寸变动范围小, 因而要求加工精度高。

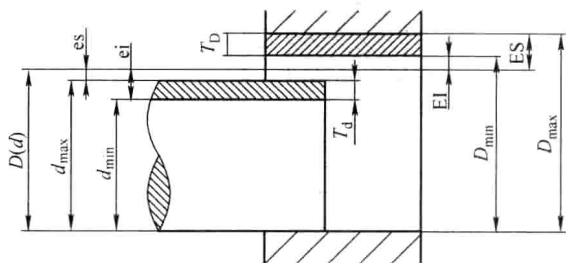


图 1-3 极限和配合示意图

3) 极限偏差表示每个零件尺寸允许变动的极限值, 是判断零件尺寸是否合格的依据。

4) 从作用上看, 公差影响配合的精度; 极限偏差用于控制实际偏差, 影响配合的松紧程度。

5. 零线

在极限与配合图解中, 表示公称尺寸的一条直线称为零线。通常零线表示公称尺寸。在公差带图中, 正偏差位于零线的上方, 负偏差位于零线的下方, 如图 1-2 所示。

6. 公差带

从图 1-3 中可见, 公差的数值比公称尺寸的数值小得多, 不能用同一比例画在一张示意图上, 故采用简明的极限与配合图解 (简称公差带图) 来表示, 如图 1-4 所示。

在公差带图中, 由代表上、下极限偏差的两条直线所限定的一个区域, 称为尺寸公差带, 简称公差带。尺寸公差带有两项特征: 大小和位置。公差带的大小由尺寸公差确定 (此值由标准公差确定); 公差带的位置由基本偏差来确定。

7. 基本偏差

基本偏差是用以确定公差带相对于零线位置的那个极限偏差, 一般为靠近零线或位于零线的那个极限偏差。当整个公差带位于零线上方时, 基本偏差为下极限偏差, 反之, 则为上极限偏差, 如图 1-5 所示。公差带图实际上是公差与配合图的简化表示法。

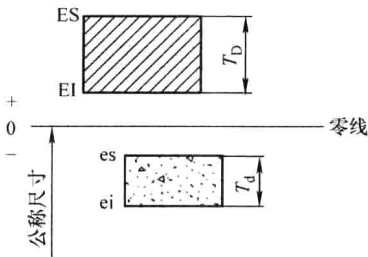


图 1-4 公差带图

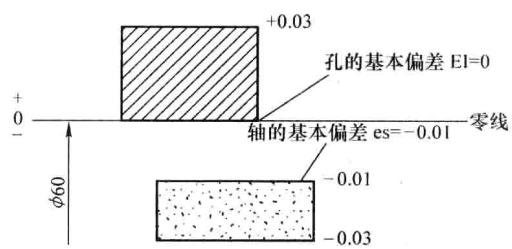


图 1-5 基本偏差

例 1-1 已知孔 $\phi 60^{+0.03}_0$ mm, 轴 $\phi 60_{-0.03}^{-0.01}$ mm, 求孔、轴的极限尺寸和公差。

解: (1) 图解法

根据已知条件画出孔、轴的公差带图, 如图 1-6 所示。

孔的极限尺寸 $D_{\max} = 60.03$ mm, $D_{\min} = 60$ mm

轴的极限尺寸 $d_{\max} = 59.99$ mm, $d_{\min} = 59.97$ mm

孔、轴公差为

$$T_D = ES - EI = 0.03 \text{ mm} - 0 \text{ mm} = 0.03 \text{ mm}$$

$$T_d = es - ei = -0.01 \text{ mm} - (-0.03) \text{ mm} = 0.02 \text{ mm}$$

(2) 公式法

$$D_{\max} = D + ES = 60 \text{ mm} + 0.03 \text{ mm} = 60.03 \text{ mm}$$

$$D_{\min} = D + EI = 60 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$d_{\max} = d + es = 60 \text{ mm} + (-0.01) \text{ mm} = 59.99 \text{ mm}$$

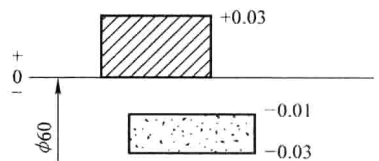


图 1-6 公差带图解法