



高职高专“十一五”规划教材



互换性与测量技术

刘金华 刘金萍 主编 张柱银 主审



化学工业出版社

本书可作为高等院校、中等职业学校、高等职业院校、成人教育、函授教育、广播电视大学、网络教育、自学考试、职业资格培训、继续教育的教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

本书可作为高等院校、中等职业学校、高等职业院校、成人教育、函授教育、广播电视大学、网络教育、自学考试、职业资格培训、继续教育的教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

本书可作为高等院校、中等职业学校、高等职业院校、成人教育、函授教育、广播电视大学、网络教育、自学考试、职业资格培训、继续教育的教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

高职高专“十一五”规划教材

互换性与测量技术

刘金华 刘金萍 主编

张柱银 主审

- [1] 互换性与测量技术. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 互换性与测量技术. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [3] 互换性与测量技术. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [4] 互换性与测量技术. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [5] 互换性与测量技术. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [6] 互换性与测量技术. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [7] 互换性与测量技术. 北京: 机械工业出版社, 2006.

互换性(10) 互换性(10)

北京——机械工业出版社, 2006.

互换性(10) 互换性(10)

互换性(10) 互换性(10)

互换性(10) 互换性(10)

互换性(10) 互换性(10)

互换性(10) 互换性(10)

互换性(10) 互换性(10)

互换性(10) 互换性(10)



化学工业出版社

· 北京 ·

定价: 24.00元

ISBN 7-122-03222-8

本书根据机械类专业课程教学的基本要求以及高职高专的教育特色,结合各院校对本课程改革的成功经验和教学成果编写而成。

本书主要包括互换性与标准化的基本概念,孔和轴的极限与配合,形状和位置公差及检测,表面粗糙度及检测,测量技术基础,滚动轴承的互换性,键结合的互换性及检测,圆锥结合的互换性与检测,齿轮传动的互换性及测量,螺纹的互换性及检测,尺寸链等。为加深对互换性基本概念的理解及常见几何参数公差与配合的应用,在每章后都安排了思考题。

本书可作为高职高专院校机械类及相关专业的教学用书,也可作为高等院校机械类专业和机电专业的教材,还可供机械制造业的工程技术人员、现场管理人员、操作技术工人参阅。

互换性与测量技术/刘金华,刘金萍主编. —北京:
化学工业出版社, 2008.7

ISBN 978-7-122-03292-8

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术/刘金华,刘金萍主编. —北京:
化学工业出版社, 2008.7
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-03292-8

I. 互… II. ①刘…②刘… III. ①零部件-互换性-高等学校: 技术学校-教材②零部件-测量-技术-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第099714号

责任编辑:高钰
责任校对:凌亚男

文字编辑:张绪瑞
装帧设计:周遥

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 字数333千字 2008年9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:24.00元

版权所有 违者必究

前 言

互换性与测量技术是机械类专业的一门重要技术基础课,是联系设计系列课程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,其内容主要是标准化和工程计量学有关部分的有机结合。互换性与测量技术是利用数控技术、计算机辅助设计和辅助制造、计算机集成制造系统等先进技术进行现代化生产的基本条件。目前,互换性与测量技术已渗透到零部件的制造与检测、专业化生产的组织协作、产品装配与测试验收、产品的售后服务与使用等全部生产活动中。互换性与技术测量是现代机械工业生产中不可缺少的生产原则和有效的技术措施。

本书根据机械类专业课程教学的基本要求以及高职高专的教育特色,参考了已出版的同类教材,结合各院校对本课程改革的成功经验和教学成果编写而成。

本书共十一章,以互换性与测量技术两大内容为主展开,以常见几何参数的公差项目、公差选择、标注和含义为重点,以必需、够用为度,突出互换性的基本理论和互换性在机械设计的应用。注重理论联系实际和应用能力的培养及工程素质教育,把几何参数的检测方法与实践紧密联系在一起。教材中所用的标准都是最新国家标准。教材内容紧密结合教学大纲,考虑相关专业课程的衔接,形成了比较完整的教材体系。

本书可作为高职高专院校机械设计与制造、机电一体化、数控加工、模具设计与制造等机械类专业的教学用书,也可作为高等院校机械工程和机电专业的教材,各院校可根据各专业对课程的不同要求和教学课时的多少对书中内容进行适当的取舍。本书还可供制造业的工程技术人员、现场管理人员、操作技术工人参阅。

本书由刘金华、刘金萍任主编,巩桂洽、徐华、苏再军、茹建先任副主编,本书的编者为:第一章由刘金华编写,第二章由刘金萍编写,第三章由苏再军和李历坚编写,第四章由徐华和刘金萍编写,第五章由郭秀珍和刘金萍编写,第六章由刘金华编写,第七章由茹建先和刘金华编写,第八章由徐华编写,第九章由巩桂洽和陈义庄编写,第十章由袁发玉编写,第十一章由周广编写。全书由刘金华负责统稿,张柱银教授主审。

本书在策划、编写及出版过程中,得到了各位编者院校教务处、机械系和有关任课老师的关心和支持。在本书的编写中还引用了大量国标和技术文献资料。在此对以上单位和工作人员表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请专家和读者批评指正。

编者

2008年5月

目

录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
一、互换性的概念	1
二、互换性在机械制造中的作用	1
三、互换性的分类	2
第二节 误差和公差	2
一、误差	2
二、公差	3
第三节 互换性与标准化	3
一、标准与标准化	3
二、计量工作	4
三、优先数系与优先数	4
第四节 本课程的研究对象和任务及要求	5
一、本课程的研究对象	5
二、本课程的任务	5
三、本课程的基本要求	5
思考题	6
第二章 孔和轴的极限与配合	7
第一节 概述	7
第二节 极限与配合的基本术语及定义	7
一、有关孔和轴的定义	7
二、有关尺寸的术语及定义	7
三、有关偏差、尺寸公差、公差带的术语及定义	9
四、有关配合的术语及定义	10
第三节 极限与配合标准的主要内容	14
一、标准公差及标准公差系列	14
二、基本偏差及基本偏差系列	15
三、基准制	17
四、公差配合在图样上的标注	23
五、一般、常用、优先公差带与配合	23
第四节 线性尺寸的未注公差	26
第五节 尺寸精度设计	26
一、基准制的选择	26
二、公差等级的选择	28
三、配合的选择	31
思考题	36
第三章 形状和位置公差及检测	37

第一节 概述	37
一、形位公差的研究对象	37
二、形位公差的项目及其符号	38
三、形位公差的标注	39
第二节 形状公差及检测	43
一、形状公差项目及形状公差带特征	43
二、形状误差的检测	46
第三节 位置公差及检测	51
一、基准和基准体系	51
二、位置公差项目及位置误差的评定	52
三、定向公差及定向误差的检测	58
四、定位公差与定位误差的检测	62
五、跳动公差及跳动误差的检测	66
第四节 公差原则简介	68
一、基本概念	68
二、公差原则	70
第五节 形位公差的选择	74
一、形位公差项目的确定	74
二、基准的选择	75
三、公差原则的选择	75
四、形位公差值的选择	76
五、未注形位公差的规定	79
六、实例	80
思考题	80
第四章 表面粗糙度及检测	82
第一节 概述	82
一、表面粗糙度的概念	82
二、表面粗糙度对产品质量的影响	82
第二节 表面粗糙度的评定	84
一、基本术语	84
二、评定参数	85
第三节 表面粗糙度的选择	87
一、表面粗糙度评定参数的选择	87
二、表面粗糙度参数值的选择	88
第四节 表面粗糙度的标注	89
一、表面粗糙度符号	89
二、常用的标注方式	90
三、表面粗糙度在图样中的标注	90
第五节 表面粗糙度的检测	92

一、样板比较法	92	二、矩形花键的形位公差和表面 粗糙度	134
二、光切法	92	三、矩形花键联接的公差配合 及选择	135
三、干涉法	92	四、花键的标注和检测	136
四、触针法	93	思考题	137
思考题	94	第八章 圆锥配合的互换性与检测	138
第五章 测量技术基础	96	第一节 概述	138
第一节 概述	96	一、圆锥配合的特点	138
一、基本概念	96	二、圆锥配合的基本参数	138
二、计量单位、长度基准和量值传递	96	第二节 圆锥配合	140
三、量值的传递	97	一、圆锥配合的种类	140
第二节 常用测量方法和测量器具	98	二、圆锥配合的形成	140
一、常用测量方法	98	三、圆锥配合的使用要求	141
二、常用测量器具	100	第三节 圆锥几何量误差对互换性的 影响	141
第三节 测量误差及数据处理	101	一、圆锥直径误差对基面距的影响	141
一、测量误差种类和产生的原因	101	二、圆锥锥角误差对基面距的影响	142
二、各类测量误差的处理	103	三、圆锥的形状误差对圆锥结合的 影响	143
第四节 光滑工件尺寸的检测	108	第四节 圆锥公差	143
一、光滑极限量规	108	一、圆锥公差项目	143
二、验收极限及测量器具的选择	111	二、圆锥公差的标注	145
三、光滑工件的测量	114	三、圆锥直径公差带的选择	147
思考题	115	第五节 锥度和锥角的检测	147
第六章 滚动轴承的互换性	116	一、绝对测量法	147
第一节 概述	116	二、相对测量法	148
一、滚动轴承的结构和种类	116	三、间接测量法	149
二、滚动轴承配合性质要求	116	思考题	150
三、滚动轴承代号	117	第九章 渐开线圆柱齿轮传动的互换性 及其检测	151
第二节 滚动轴承的公差等级及选用	119	第一节 概述	151
一、滚动轴承的公差等级	119	一、对齿轮传动的使用要求	151
二、滚动轴承公差等级选用	120	二、齿轮的加工误差、来源及影响	152
三、滚动轴承内外径的公差带	120	第二节 单个齿轮的误差项目及其检测	154
第三节 滚动轴承与轴、外壳孔的配合及 选择	122	一、影响齿轮传动平稳性的因素及检测 参数	154
一、轴颈和外壳孔的公差带	122	二、影响传递运动准确性的因素及检测 参数	157
二、滚动轴承配合选择原则	122	三、影响齿轮载荷分布均匀性的因素及 检测	159
三、配合表面的形位公差及表面 粗糙度	126	四、影响齿轮副侧隙的单个齿轮因素及 测量	160
四、滚动轴承配合选择实例	126	第三节 齿轮副误差评定及检测	162
思考题	127	一、轴线平行度偏差及检测	163
第七章 键结合的互换性及检测	128		
第一节 键的作用及种类	128		
第二节 平键的互换性及检测	129		
一、平键联接的公差与配合	129		
二、平键联接的检测	131		
第三节 花键联接的互换性与检测	132		
一、矩形花键的基本参数	132		

二、接触斑点及检测	163	一、丝杠、螺母的基本牙型及主要参数	183
三、齿轮副侧隙及检测	163	二、丝杠、螺母的精度等级要求	184
四、中心距极限偏差	164	三、丝杠、螺母的表面粗糙度	185
五、齿轮副切向综合误差	164	四、丝杠、螺母的公差	185
第四节 齿轮精度标准及选择	164	第五节 螺纹的检测	186
一、齿轮精度等级及其选择	164	一、综合检测	186
二、齿轮副侧隙及侧隙值的确定	168	二、单项检测	187
三、齿轮公差组的检验组及其选择	170	思考题	189
四、齿坯公差	170	第十一章 尺寸链	190
五、齿轮精度与侧隙的标注	172	第一节 概述	190
思考题	173	一、尺寸链的定义和特性	190
第十章 螺纹的互换性及检测	175	二、尺寸链的组成	190
第一节 概述	175	三、尺寸链的种类	191
一、螺纹的种类和螺纹结合的基本要求	175	第二节 用极值法计算尺寸链	192
二、普通螺纹的基本牙型及几何参数	175	一、建立尺寸链	192
第二节 普通螺纹几何参数对螺纹互换性的影响	176	二、极值法公式	193
一、牙型半角误差的影响	176	三、用极值法解装配尺寸链	193
二、螺距误差的影响	177	四、用极值法求工艺尺寸链	196
三、螺纹中径误差的影响	177	第三节 用统计法计算尺寸链	197
四、保证螺纹互换性的条件(泰勒原则)	177	一、统计法基本公式	197
第三节 普通螺纹的公差与配合	179	二、计算方法	198
一、普通螺纹公差带及选择	179	第四节 保证装配精度的其他尺寸链计算方法	199
二、普通螺纹的旋合长度和配合精度	181	一、分组互换法	199
三、螺纹的表面粗糙度要求	182	二、修配法	200
四、螺纹的标注	182	三、调整法	200
第四节 机床丝杠、螺母的公差	183	思考题	201
		参考文献	203

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、互换性的概念

在日常生活中,经常会遇到电灯泡、洗衣机、电视机、热水器等家用电器设备的某一个零部件出现故障而不能正常使用,只要换上相同型号的零部件就能正常运转了。不必要考虑生产厂家,这是因为相同规格的这些零部件具有互相替换的性能。

现代化工业是按专业化大协作组织生产的,即用分散加工、集中装配的方法来保证产品质量、提高生产率和降低成本的。如一台小轿车由上万个零部件组成,这些零部件分别由几百家专业工厂按照技术要求,成批加工生产,而生产汽车的总公司仅生产发动机和车身,并把加工出的合格零件装配在一起,组成一辆完整的、符合使用性能要求的轿车。这种由不同专业工厂、不同设备条件、不同人员生产的零部件,可不经选择、修配和调整,就能装配成合格的产品,称为具有互换性的零部件。

零件的互换性是指在同一规格的一批零部件中,可以不经选择、修配或调整,任取一件装配在机器或部件上,装配后能满足设计、使用和生产上的要求,零部件具有的这种性能称为互换性。

随着科学技术的发展,现代制造业已由传统的生产方式发展到利用数控技术(NC、CNC)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助制造工艺(CAPP)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等进行现代化生产。互换性利用这些先进制造技术组织生产的基本条件,按照互换性原则进行生产,有利于广泛的组织协作,进行高效率的专业化生产,从而便于组织流水作业和自动化生产,简化零部件的设计、制造和装配过程,缩短生产周期,提高劳动生产率,降低成本,保证产品质量,便于使用维修。所以,互换性是现代机械工业生产上不可缺少的生产原则和有效的技术措施。

二、互换性在机械制造中的作用

互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面有着重大的意义,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,成为制造业可持续发展的重要技术基础。互换性原则是用来发展现代化机械工业、提高生产率、保证产品质量、降低成本的重要技术经济原则,是工业发展的必然趋势。

互换性原则的普及和深化对我国现代化建设具有重大意义。特别是在机械行业中,遵循互换性原则,不仅能大大提高劳动生产率,而且能促进技术进步,显著提高经济效益和社会效益。其主要表现有以下几方面。

(1) 在设计方面。零件具有互换性,就可以最大限度地利用标准件、通用件和标准部件,这样就可以简化制图、减少计算工作量,缩短设计周期,并便于采用计算机进行辅助设计。这对发展系列产品,改善产品性能都有重大作用。

(2) 在制造加工方面。同一台设备的各个零部件可以分散在多个工厂同时加工,可合理

地进行生产分工和专业化协作。这样,每个工厂由于产品单一,批量较大,有利于采用高效率的专用设备制造,容易实现高质、高产、低耗,生产周期也会显著缩短。尤其对计算机辅助制造(CAM)的产品,不但产量和质量高,且加工灵活性大,生产周期缩短,成本低,从而提高劳动生产率。

(3) 产品装配时,由于其零部件具有互换性,使装配作业顺利,易于实现流水作业或自动化装配,从而缩短装配周期,提高装配作业质量。

(4) 在使用维修方面。互换性可以使磨损或损坏了的零件得以及时更换,可以减少机器的维修时间和费用,保证机器正常运转,从而提高机器的寿命和使用价值,使之“物尽其用”。

总之,互换性原则可以为产品的设计、制造、维护、使用以及组织管理等各个领域带来巨大的经济效益和社会效益,而生产水平的提高、技术的进步又可促进互换性在深度和广度进一步发展。

三、互换性的分类

互换性按互换的程度可分为完全互换性、不完全互换性两种。

(1) 完全互换性 完全互换性是零部件在装配或更换时不经挑选、调整或修配,装配后能够满足预定的使用性能,这样的零部件就具有完全互换性。如标准件螺钉、螺母、滚动轴承、齿轮等。

(2) 不完全互换性 当装配精度要求很高时,若采用完全互换将使零件的尺寸公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。为了便于加工,这时可将其制造公差适当放大,在完工后,再用量仪将零件按实际尺寸分组,按组进行装配。这样,既保证装配精度与使用要求,又降低成本。此时,仅是组内零件可以互换,组与组之间不可互换,称为不完全互换。不完全互换性是零(部)件在装配或更换时,允许有附加选择或附加调整,但不允许修配,装配后能够满足预定的使用性能,这样的零(部)件具有不完全互换性。

互换性按照决定参数或使用要求可分为几何参数互换性、功能互换性两种。

(1) 几何参数互换性 几何参数互换性是指规定几何参数(包括尺寸大小、几何形状及相互位置关系)的极限,来保证产品的几何参数充分近似达到的互换性,又称为狭义互换性,本书所讲的就是几何参数的互换性。

(2) 功能互换性 功能互换性是指规定功能参数的极限所达到的互换性。功能参数不仅包括几何参数,还包括其他一些参数,如物理、化学等参数。又称为广义互换性。

生产中究竟采用何种互换性方式由产品精度、产品的复杂程度、生产规模、设备条件以及技术水平等一系列因素决定。一般大量和批量生产采用完全互换法生产。精度要求很高,常采用分组装配,即不完全互换法生产。

第二节 误差和公差

一、误差

为了满足互换性的要求,最理想的方法是采用同规格的零部件,其几何参数都要做得完全一致,这在实际中是不可能的,也是不必要的。零部件在加工过程中,由于种种因素的影响,不可能把工件做得绝对准确,不可能把同一批次的零件做得完全一致,零部件的几何参数总是不可避免地会产生误差,这样的误差称为几何量误差。加工后零件的实际几何参数值与理论几何参数值存在一定的误差,这种误差称为加工误差,加工误差可分为下列几种(图1-1)。

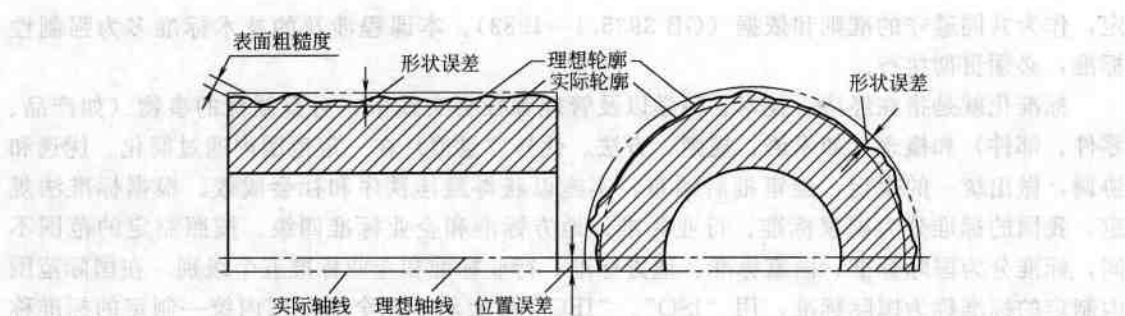


图 1-1 圆柱体表面几何参数误差

(1) 尺寸误差。指一批工件的尺寸变动，即加工后零件的实际尺寸和理想尺寸之差，如直径误差、孔距误差等。

(2) 形状误差。指加工后零件的实际表面形状对于其理想形状的差异（或偏离程度），如圆度、直线度等。

(3) 位置误差。指加工后零件的表面、轴线或对称平面之间的相互位置对于其理想位置的差异（或偏离程度），如同轴度、位置度等。

(4) 表面粗糙度。指零件加工表面上具有的较小间距和峰谷所形成的微观几何形状误差。

二、公差

尽管几何量误差可能会影响零部件的互换性，但实践证明，只要将这些误差控制在一定范围内，即将同规格零部件实际几何参数的变动限制在一定范围内，就能保证它们的互换性。公差是指允许尺寸、几何形状和相互位置误差变动的范围。用公差来限制加工误差。零部件的误差在公差范围内，为合格件；超出公差范围，为不合格件。公差是允许实际几何参数的最大变动量，即允许的最大误差。公差是由设计人员制定的。选定公差的原则是在保证满足产品使用性能的前提下，给出尽可能大的公差。在满足功能要求的前提下，公差应尽可能定得大些，以方便制造和获得最佳的技术经济效益。公差越小，加工越困难，生产成本越高。所以公差值不能为零，应是绝对值。

规定公差值的大小顺序应为

$$T_{\text{尺寸}} > T_{\text{位置}} > T_{\text{形状}} > \text{表面粗糙度误差}$$

第三节 互换性与标准化

一、标准与标准化

生产中要实现互换性，零部件的几何尺寸及其几何参数必须在规定的公差范围内。在生产中如果同类产品的规格太多，或者规格相同而规定的公差大小各异，就会给实现互换性带来很多困难。为了实现互换性生产，必须有一种措施，使各个分散的生产部门和生产环节之间保持必要的技术统一，以形成一个统一的整体，标准和标准化是建立这种关系的主要措施。要实现互换性，就要严格按照统一的标准进行设计、制造、装配、检验等，而标准化正是实现这一要求的一项重要技术手段。因此，在现代工业中，标准化是广泛实现互换性生产的前提和基础。

标准是对技术、经济和相关特征的重复事物和概念所做的统一规定，它以科学技术和生产经验的综合成果为基础，经有关方面协商，由主管机构批准，并以特定形式颁布统一的规

定,作为共同遵守的准则和依据(GB 3935.1—1983)。本课程涉及的技术标准多为强制性标准,必须贯彻执行。

标准化就是指在经济、技术、科学以及管理等社会实践中,对重复性的事物(如产品、零件、部件)和概念(如术语、规则、方法、代号、量值)在一定范围内通过简化、优选和协调,做出统一的规定,经审批后颁布、实施以获得最佳秩序和社会成效。根据标准法规定,我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。按照制定的范围不同,标准分为国际标准、国家标准、地方标准、行业标准和企企业标准五个级别。在国际范围内制定的标准称为国际标准,用“ISO”、“IEC”等表示;在全国范围内统一制定的标准称为国家标准,用“GB”表示;在全国同一行业内制定的标准称为行业标准,各行业都有自己的行业标准代号,如机械标准(JB)等,在企业内部制定的标准称为企企业标准,用“QB”表示。

二、计量工作

我国的计量工作自1955~1985年先后颁布了一系列有关度量衡的条例和命令,保证了我国计量制度的统一和量值传递的准确可靠,使得计量工作沿着科学、先进的方向迅速发展,促进了企业计量管理和产品质量水平的不断提高。

目前,计量测试仪器的制造工业已有很大的进步和发展,其产品不仅满足国内工业发展的需要,而且还出口到国际市场。我国已能生产机电一体化测试仪器产品,如激光丝杆动态检查仪、光栅式齿轮全误差测量仪、三坐标测量机、激光光电比较仪等一批达到或接近世界先进水平的精密测量仪器。

三、优先数系与优先数

在产品设计和制定技术标准时,涉及很多技术参数,这些技术参数在生产各个环节中往往不是孤立的,当选定一个数值作为某种产品的技术参数时,这个数值就会按一定规律向一切相关的材料、产品等有关参数指标扩散。例如螺栓的直径确定后,不仅会传播到螺母的内径上,也会传播到加工这些螺纹的刀具上,传播到检测这些螺纹的量具及装配它们的工具上。技术参数的传播在生产中很多,既可能是发生在相同量值之间,也可能发生在不同量值之间。因此工程技术的参数即使只有微小的差别,经过多次传播后也会造成尺寸规格的杂乱。如果随意选取,势必给组织生产、协调配套和设备维修带来很大的困难。为了保证互换性,必须合理地选定零件的公差。通过对零件技术参数合理分挡、分级,对零件技术参数极限简化、协调统一,必须按照科学、统一的数值标准,即优先数系和优先数。优先数系和优先数是公差数值标准化的基础。优先数系中的任何一个数值均称为优先数。

优先数系是国际上统一的数值分级制度,是一种无量纲的分级数系,适用于各种量值的分级。在确定产品的参数或参数系列时,应最大限度地采用优先数和优先数系。产品(或零件)的主要参数(或主要尺寸)按优先数形成系列,可使产品(或零件)系列化,便于分析参数间的关系,可减轻设计计算的工作量。

优先数系由一些十进制等比数列构成,其代号为 R_r (R 是优先数系创始人ReneFd的第一个字母, r 代表5、10、20、40等项数)。等比数列的公比为: $q_r = \sqrt[r]{10}$,其含义是在同一个等比数列中,每隔 r 项的后项与前项的比值增大为10。如 R_5 :设首项为 a ,其依次各项为 $a q_5$ 、 $a(q_5)^2$ 、 $a(q_5)^3$ 、 $a(q_5)^4$ 、 $a(q_5)^5$,则 $a(q_5)^5/a=10$,故 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$,目前ISO优先数系的公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$, $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$, $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$,以及补充系列的公比有 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$,优先数系的基本系列列于表1-1。

表 1-1 优先数系的基本系列 (摘自 GB 321—80)

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00			2.24	2.24		5.00	5.00	5.00
			1.06				2.36				5.30
		1.12	1.12	2.50	2.50	2.50	2.50			5.60	5.60
			1.18				2.65				6.00
	1.25	1.25	1.25			2.80	2.80	6.30	6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00				6.70
		1.40	1.40		3.15	3.15	3.15			7.10	7.10
			1.50				3.35				7.50
1.60	1.60	1.60	1.60			3.55	3.55		8.00	8.00	8.00
			1.70				3.75				8.50
		1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00			9.00	9.00
			1.90				4.25				9.5
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50	10.00	10.00	10.00	10.00
			2.12				4.75				

优先数的理论值一般都是无理值, 实际应用时有困难, 对计算作圆整保留三位有效数称为常用值, 即优先数中优先的含义。优先数的化整对计算值的相对误差较大, 一般不宜采用, 在产品设计时, 对主要尺寸和参数必须采用优先数。通常机械产品的主要参数按 R5 和 R10 系列; 专用工具的主要尺寸按 R10 系列, 通用零件和工具及通用型材的尺寸等按 R20 系列。

第四节 本课程的研究对象和任务及要求

一、本课程的研究对象

互换性与测量技术是机械工程一级学科的一门主干技术基础课, 它将机械设计和制造工艺系列课程紧密地联系起来, 是架设在技术基础课、专业课和实践教学课之间的桥梁。机械设计过程从总体设计到零件设计, 研究机构运动学问题, 即完成对机器的功能、结构、形状、尺寸的设计过程。为了保证实现从零部件的加工到装配成机器, 实现要求的功能和正常运转, 还必须对零部件和机器进行精度设计。这是因为机器的精度直接影响到机器的工作性能、振动、噪声和使用寿命, 而且, 科技越发达, 机械工业生产规模越大, 协作生产越广泛, 对机械精度要求越高, 对互换性的要求也越高。本课程研究对象就是如何进行几何参数的精度设计, 即如何利用有关的国家标准, 合理解决机器使用要求与制造工艺之间的矛盾, 以及如何应用质量控制方法和测量技术, 保证国标的贯彻执行, 以确保产品质量。精度设计是从产品设计、制造、测量等工程技术工作人员必须具备的能力。

二、本课程的任务

本课程的任务是: 通过讲课、实验、作业等教学环节, 了解互换性与标准化的重要性; 熟悉极限与配合的基本概念; 掌握极限配合标准的主要内容; 初步掌握确定公差的原则和方法; 了解技术测量的工具和方法; 初具选择和操作计量器具的技能。初步建立测量误差的概念, 会分析测量误差与处理测量数据。建立尺寸链的概念和了解它的计算方法, 为正确地理解和绘制设计图样及正确地表达设计思想打下基础。

三、本课程的基本要求

学习本课程, 是为了获得机械工程技术人员必备的公差配合与检测方面的基本知识、基本技能。随着后续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。学习本课

程后应该达到下列要求。

- (1) 掌握机械零件几何精度, 互换性与标准化等基本概念。
- (2) 了解本课程所介绍的各个公差标准和基本内容。
- (3) 正确理解图样上所标注的各种公差配合代号的技术含义; 掌握公差配合、形位公差和表面粗糙度的国家标准。
- (4) 初步学会根据机器和零部件的功能要求, 选用合适的公差与配合, 并能正确地标注到图样上。
- (5) 掌握测量技术的基本知识; 熟悉常用量具和量仪的基本结构、工作原理、各部分作用及调整使用知识, 熟悉多种精密量仪的结构、原理和各组成部分的作用。
- (6) 正确、熟练地选择和使用生产现场的量具、量仪, 对零部件的几何量进行准确检测和综合处理检测数据。
- (7) 熟悉常用典型结合的公差配合和检测方法。

思考题

1. 什么是互换性? 简述它在机械制造中的作用。
2. 简述生产上常用的几种互换性及采用不完全互换的条件和意义。
3. 简述加工误差、公差、互换性三者的关系。
4. 简述优先数和优先数系的基本内容。
5. 何谓标准化? 它与互换性有何关系? 标准是如何分类的?

第二章 孔和轴的极限与配合

第一节 概 述

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。因此,适用于光滑圆柱体结合及其他结合形式的《极限与配合》标准也是应用最广泛的基础标准。

极限与配合的标准化,有利于实现互换性生产;有利于机器的设计、制造、使用和维修;有利于保证机械零部件的精度、使用性能和寿命;也有利于刀具、量具、机床等工艺装备的标准化。

本章主要介绍国家标准《极限与配合》中规定的基本概念、主要内容及其应用。

第二节 极限与配合的基本术语及定义

术语和定义是极限与配合标准的基础,也是从事机械类各专业工作人员的技术语言。为了正确理解及应用标准,首先必须掌握极限与配合的基本术语和定义。在极限与配合中的孔和轴都具有广义性。

一、有关孔和轴的定义

孔:主要是指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两平行平面或切面形成的包容面),即凹进去的包容面。

轴:主要是指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由两平行平面或切面形成的被包容面),即凸出来的被包容面。

在极限与配合中,孔和轴都是由单一尺寸确定的,如图2-1所示。孔、轴的特点是:装配后孔为包容面而轴为被包容面;加工时随着余量的切除,孔的尺寸由小变大而轴的尺寸则由大变小。

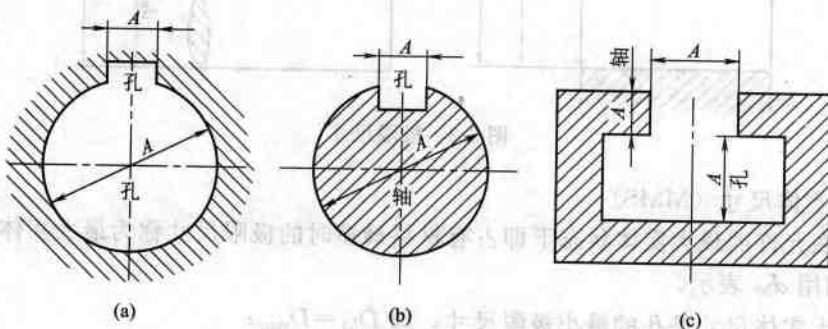


图2-1 孔和轴的定义示意

二、有关尺寸的术语及定义

1. 尺寸

用特定的单位表示长度值的数字称为尺寸。从尺寸的定义可知,尺寸是指长度的值,它

由数字和特定单位两部分组成,例如 50cm、20mm 等。

长度值是较广泛的概念,其实质是线性的两点间距离。它包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。国家标准规定,在机械制图中图样上尺寸通常以毫米(mm)为单位,标注时可将单位省略,仅标注数字。

2. 基本尺寸 (D, d)

设计时给定的也就是图纸上标注的尺寸称为基本尺寸。孔用 D 表示,轴用 d 表示。通过它利用上、下偏差可计算出极限尺寸。基本尺寸是设计人员根据使用性能的要求,通过对强度、刚度的计算及结构方面的考虑或通过试验、类比并按照标准直径或标准长度圆整后确定的尺寸。这样可以减少定值刀具、量具等的规格数量,便于应用。

3. 实际尺寸 (D_a, d_a)

通过测量得到的尺寸称为实际尺寸。孔用 D_a 表示,轴用 d_a 表示。由于测量时不可避免地存在测量误差,所以实际尺寸并非是被测量尺寸的真值,从理论上讲尺寸的真值是难以得到的,但是随着测量精度的提高实际尺寸会越来越接近其真值。

4. 局部实际尺寸

轴或孔任意横截面两点间的距离称为局部实际尺寸。由于测量误差及零件表面形状误差等因素的影响,同一表面不同位置的实际尺寸也不尽相同。

5. 极限尺寸 ($D_{\max}, D_{\min}, d_{\max}, d_{\min}$)

允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。较大的称为最大极限尺寸,孔和轴的最大极限尺寸分别用 $D_{\max}$ 和 $d_{\max}$ 表示;较小的称为最小极限尺寸,孔和轴的最小极限尺寸分别用 $D_{\min}$ 和 $d_{\min}$ 表示。如图 2-2 所示。

极限尺寸是用来控制实际尺寸的,极限尺寸实际上设计时就已经给定。如果不考虑其他因素,合格零件的实际尺寸应符合下列公式

$$D_{\max}(d_{\max}) \geq D_a(d_a) \geq D_{\min}(d_{\min}) \quad (2-1)$$

否则零件尺寸不合格。

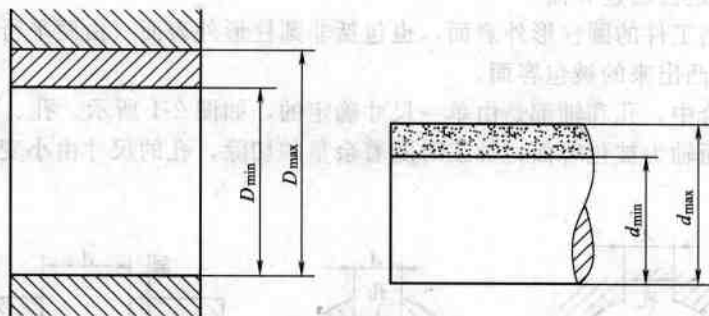


图 2-2 极限尺寸

6. 最大实体尺寸 (MMS)

孔或轴在允许的最大实体状态下即占有材料最多时的极限尺寸称为最大实体尺寸。孔用 D_M 表示,轴用 d_M 表示。

孔的最大实体尺寸是孔的最小极限尺寸,即 $D_M = D_{\min}$;

轴的最大实体尺寸是轴的最大极限尺寸,即 $d_M = d_{\max}$ 。

7. 最小实体尺寸 (LMS)

孔或轴在允许的最小实体状态下即占有材料最少时的极限尺寸称为最小实体尺寸。孔用 D_L 表示,轴用 d_L 表示。

孔的最小实体尺寸是孔的最大极限尺寸, 即 $D_L = D_{\max}$;

轴的最小实体尺寸是轴的最小极限尺寸, 即 $d_L = d_{\min}$ 。

三、有关偏差、尺寸公差、公差带的术语及定义

1. 偏差

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为偏差。某一尺寸指的是实际尺寸或极限尺寸, 它可能比基本尺寸大、也可能比基本尺寸小或者与基本尺寸相等。因此偏差值可正, 可负, 还可以为零。偏差除零外, 无论在书写或计算时必须数值前标注“+”号或“-”号, 例如 $\phi 50.01 - \phi 50 = +0.01$ (+0.01 为偏差)。

(1) 实际偏差 实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。即

$$\Delta_a = D_a - D \quad \delta_a = d_a - d \quad (\Delta_a \text{ 表示孔的实际偏差, } \delta_a \text{ 表示轴的实际偏差})$$

(2) 极限偏差 极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。极限偏差可以分为上偏差和下偏差, 而且上偏差总是大于下偏差。

最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。孔的上偏差用 ES 表示; 轴的上偏差用 es 表示。

最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔的下偏差用 EI 表示; 轴的下偏差用 ei 表示。

孔、轴的上偏差表达式为

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

孔、轴的下偏差表达式为

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

极限偏差是用来控制实际偏差的, 在实际生产中极限偏差应用比较广泛。一般在图样上要标注基本尺寸和极限偏差。上偏差标注在基本尺寸的右上角, 下偏差标注在右下角, 标注形式如下

$$\phi 20 \begin{smallmatrix} +0.028 \\ -0.007 \end{smallmatrix} \quad \phi 20 \begin{smallmatrix} -0.020 \\ -0.041 \end{smallmatrix} \quad \phi 20 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.021 \end{smallmatrix} \quad \phi 20 \pm 0.02$$

2. 尺寸公差 (简称公差 T)

允许尺寸变动的量或变动的范围称为公差。由于加工时不可避免地存在加工误差, 所以公差不能为零, 更不能为负值。公差是一个没有符号的绝对值。公差等于最大极限尺寸减去最小极限尺寸的值, 或上偏差减去下偏差的值。孔的公差用 T_h 表示, 轴的公差用 T_s 表示。其表达式如下

$$\text{孔的公差} \quad T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \quad (2-4)$$

$$\text{轴的公差} \quad T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (2-5)$$

注意: 公差与极限偏差是两种不同的概念, 故不能混淆。

允许尺寸变动的范围大 $\rightarrow$ 公差值大 $\rightarrow$ 加工精度低 $\rightarrow$ 易加工

允许尺寸变动的范围小 $\rightarrow$ 公差值小 $\rightarrow$ 加工精度高 $\rightarrow$ 难加工

公差是决定零件精度的, 而极限偏差是决定极限尺寸相对基本尺寸位置的。孔、轴的基本尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差相互关系如图 2-3 所示。

3. 尺寸公差带

由最大极限尺寸和最小极限尺寸或上偏差和下偏差限定的一个区域称为尺寸公差带。尺寸公差带的大小是由公差值确定的, 尺寸公差带在公差带图中的位置是由基本偏差确定的。

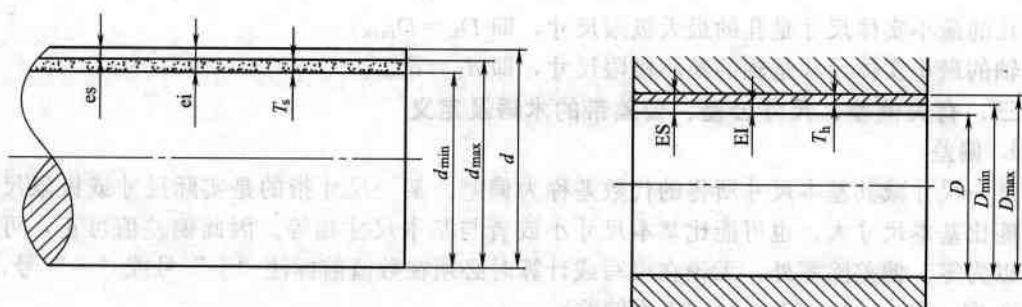


图 2-3 轴、孔极限尺寸、极限偏差、基本尺寸与公差示意

孔的公差带用  表示, 轴的公差带用  表示。

(1) 公差带图 用图所表示的公差带称为公差带图。孔、轴公差带图如图 2-4 所示。

基本尺寸相同的孔的公差带或轴的公差带都可以画在同一个公差带图上。画公差带图时, 在零线左端标注“0”、“+”号和“-”号, 在其下方画上与零线相垂直的一条带箭头的直线, 并标注基本尺寸。如果极限偏差为正值, 按恰当比例(不需要按严格比例)将孔或轴的公差带画在零线的上方, 为负值时画在零线的下方, 为零时与零线重合, 标注上、下偏差。

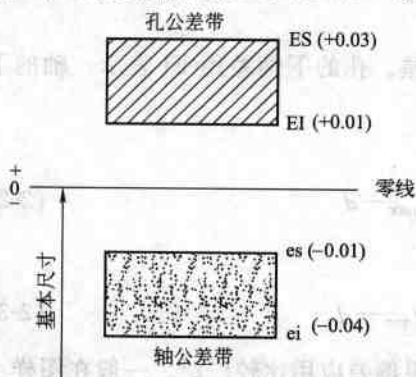


图 2-4 孔、轴公差带图

公差带图中基本尺寸的单位为毫米 (mm), 偏差及公差单位可以用毫米 (mm) 也可以用微米 (μm), 单位均可以省略不标注。

(2) 零线 在公差带图中, 表示基本尺寸的一条直线称为零线, 它是确定偏差的基准线。

(3) 基本偏差 一般是靠近零线的偏差称为基本偏差。它可以是上偏差, 也可以是下偏差。

(4) 标准公差 国家标准规定的表中所列的任一公差均为标准公差。

【例 2-1】 某孔、轴尺寸标注分别为 $\phi 50^{+0.025}_0$ 和 $\phi 50^{+0.009}_{-0.025}$, 试确定零件的基本尺寸、极限偏差、极限尺寸和公差, 并画出公差带图和说明基本偏差。

解: 孔的基本尺寸 $D = \phi 50$ (mm)

轴的基本尺寸 $d = \phi 50$ (mm)

孔的极限偏差 上偏差 $ES = +0.025$ (mm) 下偏差 $EI = 0$

轴的极限偏差 上偏差 $es = -0.009$ (mm) 下偏差 $ei = -0.025$ (mm)

孔的极限尺寸 最大极限尺寸 $D_{\max} = D + ES = 50 + (+0.025) = 50.025$ (mm)

最小极限尺寸 $D_{\min} = D + EI = 50 + 0 = 50$ (mm)

轴的极限尺寸 最大极限尺寸 $d_{\max} = d + es = 50 + (-0.009) = 49.991$ (mm)

最小极限尺寸 $d_{\min} = d + ei = 50 + (-0.025) = 49.975$ (mm)

孔的公差 $T_h = |ES - EI| = | +0.025 - 0 | = 0.025$ (mm)

轴的公差 $T_s = |es - ei| = | -0.009 - (-0.025) | = 0.016$ (mm)

公差带图如图 2-5 所示。孔的下偏差 EI 、轴的上偏差 es 为基本偏差。

四、有关配合的术语及定义

1. 配合

配合是指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、轴公差带