

高等学校通用教材

加工工艺学

李喜桥 编著

JIAGONG
GONGYI
XUE



北京航空航天大学出版社
<http://www.buaapress.com.cn>

加工工艺学

李喜桥 编著

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

内 容 简 介

本书是以原国家教委颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》为依据,并适应 21 世纪我国高等院校出现的教学改革新形势而编写的。本书对原公差、热加工、冷加工三门课程的教材内容进行了整合、精选和更新,大幅度增加了新技术、新工艺的内容,充分反映了现代制造技术的新发展及现代制造系统的新观念。

本书由互换性原理、成形工艺和机械加工工艺三大部分组成,其主要内容包括尺寸公差和形位公差、表面粗糙度、成形工艺基础理论和成形工艺设计、切削加工和特种加工、加工工艺过程的基本知识和工艺过程设计、现代制造技术等。加强了质量控制、工艺理论、工艺设计的内容,加强了各章节之间有机的联系,使学生对加工工艺及制造技术形成整体概念,进而提高学生的实践、研究和创新能力。内容所涉及的名词、术语、定义全部采用了新的国家标准。

本书是高等院校机械制造基础课程的理论课教材,也可供自学考试、电大、职大、高职等学生选用,亦可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

加工工艺学/李喜桥编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2003.3

ISBN 7-81077-286-4

I. 加… II. 李… III. 工程材料—机械加工—工艺学—高等学校—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 002040 号

加工工艺学

李喜桥 编著

责任编辑 张光斌

责任校对 孔祥燮

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号(100083) 发行部电话:82317024 发行部传真:82328026

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail:bhpress@263.net

北京市云西华都印刷厂印刷 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.375 字数:394 千字

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-286-4 定价:22.00 元

前 言

本书是以原国家教委颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》为基本依据,并适应课程整合及工程训练中心成立等 21 世纪出现的教学改革新形势而编写的。本书的体系与内容,体现了北航多年来进行《工程材料及机械制造基础》课程教学与改革的经验。

本书内容由互换性原理、成形工艺和机械加工工艺三大部分组成,相应章节为第一章、第二章和第三章~第七章。随着工程训练中心的成立及训练水平的提高,本书除大幅度增加了新技术、新工艺内容外,还加强了质量控制、工艺理论、工艺设计的内容,加强了各章节之间有机的联系,这将使学生对加工工艺及制造技术形成整体概念,进而提高学生的实践、研究和创新能力。

本书编写的特点如下:

(1) 采用了与同类教材完全不同的内容体系。对原公差与配合、热加工工艺和切削加工工艺三门课程及教材的内容进行了整合、精选和更新。

(2) 注意实践教学与课堂教学的分工与配合。工程训练内容的不断充实发展,已经延伸至传统课堂教学的内容,取得了较好的效果。为避免课堂教学与实践教学内容重复并满足课堂教学学时精简的需要,本书删减了“热加工工艺”中涉及传统具体工艺方法的内容。

(3) 增加了非金属材料、复合材料成形与切削加工的内容。

(4) 名词、术语、定义全部采用了新的国家标准。

(5) 保留了原航空航天高等院校教材的专业特色。

本书由北京航空航天大学李喜桥编写。

本书定稿前曾多次开会研讨,充分吸取北航工程训练中心、金工教研室教师的意见与经验;中国农业大学的张政兴教授认真审查了全书,并提出了宝贵的意见;编写过程中还参考了大量的有关教材、手册、论文等文献。这些意见与经验对充实本书内容,提高本教材质量做出了巨大贡献,在此向上述老师、教授和文献的作者一并表示衷心的感谢。

编 者

2002 年 11 月 2 日

目 录

绪 论

第一章 互换性原理

1.1 互换性与优先数	3
1.1.1 互换性与标准化	3
1.1.2 优先数与优先数系	5
1.2 极限与配合	6
1.2.1 基本术语及定义	6
1.2.2 配合与基准制	8
1.2.3 标准公差与基本偏差	10
1.2.4 公差带与配合的代号及标注	17
1.2.5 公差与配合的选择	20
1.2.6 未注公差的线性尺寸	25
1.3 形状和位置公差	28
1.3.1 基本术语和定义	28
1.3.2 形位公差的项目与标注	29
1.3.3 形位公差带的定义	36
1.3.4 形位误差及其评定	42
1.3.5 公差原则	44
1.3.6 形位公差的选择	47
1.4 表面粗糙度	51
1.4.1 表面粗糙度评定参数及其数值	51
1.4.2 表面粗糙度的符号及标注	55
1.4.3 表面粗糙度的选择	58
1.5 螺纹与圆柱齿轮的精度标注	60
1.5.1 螺纹的公差等级及标记	60
1.5.2 圆柱齿轮的精度标注	61

第二章 成形工艺

2.1 成形工艺基础理论	63
2.1.1 合金的铸造性能	63
2.1.2 金属滑移理论	67

2.1.3 加工硬化与再结晶	68
2.1.4 金属的锻压性能	70
2.1.5 焊接接头组织与性能	72
2.1.6 金属的焊接性	74
2.2 铸造工艺设计	75
2.2.1 铸造成形方法	75
2.2.2 铸造工艺图	77
2.2.3 铸件结构设计	80
2.3 锻压工艺设计	84
2.3.1 锻压成形方法	84
2.3.2 自由锻工艺规程	86
2.3.3 自由锻件结构设计	88
2.3.4 模锻工艺规程	88
2.3.5 模锻件结构设计	93
2.4 焊接工艺设计	94
2.4.1 焊接成形方法	94
2.4.2 焊接工艺设计	96
2.4.3 焊接件结构设计	96
2.4.4 焊接工艺设计实例	102
2.5 板料冲压与粉末冶金	103
2.5.1 板料冲压	103
2.5.2 粉末冶金	107
2.6 非金属工程材料成型	108
2.6.1 塑胶成型工艺	108
2.6.2 复合材料成型工艺	110

第三章 切削加工工艺

3.1 切削加工概述	112
3.1.1 切削加工的分类	112
3.1.2 零件表面的分类与成形原理	112
3.1.3 切削运动与切削用量	113
3.2 车刀的几何结构及刀具材料	116
3.2.1 车刀的几何结构	116
3.2.2 刀具材料	119
3.3 金属切削过程	122
3.3.1 切屑的形成及三个变形区	122
3.3.2 积屑瘤	123
3.3.3 切削力与切削功率	123
3.3.4 切削热与切削温度	124

3.3.5 刀具磨损与耐用度	125
3.3.6 工件材料的切削加工性	127
3.4 精密加工	128
3.4.1 光整加工	129
3.4.2 金刚石刀具超精密切削	132
3.4.3 超精密磨削	132
3.5 非金属材料加工	133
3.5.1 塑料切削加工	133
3.5.2 橡胶切削加工	134

第四章 特种加工

4.1 特种加工概述	135
4.2 电火花加工	136
4.2.1 加工原理与特点	136
4.2.2 电火花加工的应用	138
4.3 电解加工	139
4.3.1 加工原理与特点	139
4.3.2 电解加工的应用	141
4.3.3 电解磨削	143
4.4 激光加工	143
4.4.1 加工原理与特点	143
4.4.2 激光加工的应用	144
4.5 离子束加工	146
4.5.1 加工原理与特点	146
4.5.2 离子束加工的应用	147
4.6 超声加工	148
4.6.1 加工原理与特点	148
4.6.2 超声加工的应用	149

第五章 加工工艺过程的基本知识

5.1 基本概念	150
5.1.1 生产过程和工艺过程	150
5.1.2 生产类型	152
5.2 基准与定位	153
5.2.1 基准的概念	153
5.2.2 基准的选择原则	154
5.2.3 工件的定位原理	156
5.3 工艺尺寸链	161
5.3.1 尺寸链的概念	161

5.3.2 尺寸链的计算公式	162
5.3.3 解尺寸链实例	163
5.4 工艺过程设计的意义与步骤	166
5.4.1 工艺过程设计的意义	166
5.4.2 工艺过程设计的原则和步骤	166
5.4.3 工艺文件的格式	167

第六章 工艺过程设计

6.1 零件的工艺分析	169
6.1.1 零件的图纸分析	169
6.1.2 零件的结构工艺性分析	169
6.2 毛坯的选择	177
6.2.1 常见制坯方法和毛坯种类	177
6.2.2 影响毛坯选择的因素	179
6.2.3 毛坯选择实例	179
6.3 工艺路线设计	181
6.3.1 加工方法的选择	181
6.3.2 加工阶段的划分	191
6.3.3 工序的集中与分散	192
6.3.4 工序顺序的安排	193
6.4 工艺过程设计实例	195
6.4.1 轴类零件	195
6.4.2 盘套类零件	196
6.4.3 航空零件	198
6.5 工艺过程方案的技术经济分析	201
6.5.1 可比性原则	201
6.5.2 加工工艺成本	201
6.5.3 技术经济分析比较法	202

第七章 现代制造技术

7.1 数控机床和加工中心	203
7.1.1 数控机床(CNC)	204
7.1.2 加工中心(MC)	205
7.2 成组技术(GT)	207
7.2.1 基本原理	207
7.2.2 零件分类编码	207
7.2.3 成组技术的应用	208
7.3 柔性制造系统	210
7.3.1 柔性制造单元(FMC)	210

7.3.2 柔性制造系统(FMS)	211
7.4 其他现代技术	213
7.4.1 计算机辅助工艺设计(CAPP)	213
7.4.2 计算机集成制造系统(CIMS)	214
7.4.3 快速原型(RP)	216
7.4.4 并行工程(CE)	217

思考题与习题

参考文献

绪 论

加工工艺学是在长期生产实践中发展起来的一门学科。我国的加工工艺发展史可远溯至史前。明朝宋应星所著“天工开物”一书,介绍了冶铁、铸钟、锻铁、淬火等各种金属的加工方法,是世界上有关金属加工工艺最早的科学著作之一,这充分反映了我国人民在加工工艺方面的卓越成就。

制造业为人类创造了物质文明。新中国成立后,我国建立了机械制造、矿山冶金、交通运输、石油化工、电子仪表、航空航天等许多现代化工业,为国民经济的高速发展奠定了牢固的基础。改革开放以来,机械工业无论在生产规模方面,还是在产品的品种、数量、质量方面,都有了很大进步,机械工业的发展速度高于同期工业的平均增长速度。机械工业被称之为国民经济的装备部,它所提供的机械装备的性能、质量和成本,对国民经济的发展和技术进步有着直接的、巨大的影响。

机械制造是各种机械制造过程的总称。机械制造工业是生产机械零件以及将它们组装成机器设备、仪器或工具的工业。机械制造过程包括原材料和能源供应、毛坯成形、机械加工、改性与防护、检验、装配与包装等过程(如图0-1所示),其中直接改变原材料(或毛坯)的形状、尺寸、相互位置的过程称为加工工艺过程,在机械制造过程中占有重要地位。加工工艺通常可以分为成形工艺和机械加工工艺。

成形工艺是制造毛坯的主要方法,它包括了铸造、锻压、焊接等工艺技术。采用成形工艺所获得的毛坯一般表面比较粗糙,尺寸精度低,具有一定技术要求的零件表面都需要进行切削加工,才能达到质量要求。近年来,成形工艺技术取得了较快的发展,应用精密铸造、精密锻造、冷精压、粉末冶金等工艺技术制出的产品不仅作为精密毛坯,有些已经可以直接作为零件使用。无切屑或少切屑加工已经成为加工业的重要发展方向。

目前,用铸造、锻造、焊接得到的大部分还是形状、尺寸比较粗糙的成品或半成品。机械中的大部分零件,还需经过切削加工。因此,正确地进行切削加工,对保证零件质量、提高生产率和降低成本有着重要意义。机械加工可分为切削加工和特种加工两大类。切削加工是利用切削刀具从毛坯上切除多余的材料,获得具有一定的形位、尺寸精度和表面质量要求的零件加工方法。它具有较高的生产率,并能获得较高的精度和表面质量。切削加工又可分为机械切削加工和钳工。特种加工则是指那些不属于传统加工工艺范畴的加工方法。它是将声、光、电、化学及热等物理能量、化学能量,或单一或组合地直接施加在被加工工件的加工部位上,从而达到去除材料或改变性能的目的。

机械产品是由多件互相关联的零件装配而成的。为保证产品的性能及满足零、部件间互换性的要求,必须使用质量合格的零件。机械加工的质量,取决于零件的加工精度和表面质量。加工精度是指零件加工后,其尺寸、形状、相互位置等参数的实际值与理想(设计)值的符合程度。为使零件具有互换性,必须保证零件的尺寸、表面粗糙度、几何形状及零件上有关要

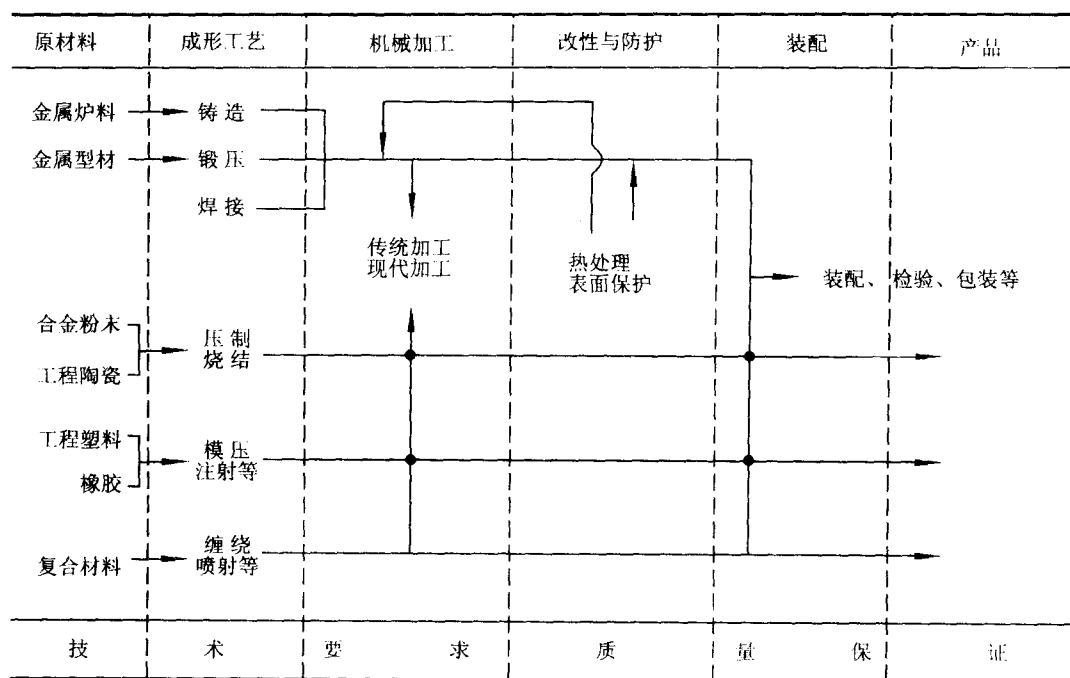


图 0-1 机械制造过程

素的相互位置等技术要求的一致性。从控制零件的尺寸、形状、位置精度及表面质量的目标出发,并为达到简化和标准化的目的,国家制定了一系列的有关公差和表面粗糙度的标准。这样,设计要求可以在图样上明确、合理地反映出来,有利于设计、工艺、检测及使用人员统一认识、统一概念,有利于保证和提高产品质量,也有利于国际间的技术交流。我国最新颁布的公差标准,已经与国际标准(ISO)完全接轨。

由于电子技术、控制技术、信息技术和机电一体化等高新技术的迅速发展,特别是计算机的广泛使用,不仅给机械加工带来了许多新技术、新工艺、新观念,而且使传统的加工技术产生了质的飞跃。机械加工已从原来传统的人-机操作加工和简易自动化加工发展为高效的“柔性”自动化加工,精密加工技术也获得了快速的发展。为适应产品多品种、少批量的市场生产需求,数控机床(CNC)、加工中心(MC)、工业机器人(ROBOT)及柔性制造系统(FMS)等一系列自动化技术应运而生;快速原型(RP)、并行工程(CE)、虚拟制造加速了产品开发周期;精益生产、敏捷制造等生产模式高度聚焦于市场和效益,这些优质、高效的生产模式得到了广泛的认同;为了人类的明天,可持续发展的制造策略也逐渐成为各界关注的重要问题。这些内容构成了现代制造技术的主题。

由系统论、信息论和控制论所形成的系统科学与方法论,在制造领域产生着越来越大的影响,制造技术正在朝着自动化、柔性化、集成化、智能化、最优化及精密化方向不断迈进,这也是今后发展的必然趋势。在 21 世纪,与制造技术整体相适应的加工技术,在围绕着新型刀具开发、超高速切削、工艺参数优化等内容的工艺方法开拓方面,在以精密工程和纳米技术实用化为目标的超精加工方面,在以 CNC、FMS 和 CIMS 为主体的加工自动化方面,必将取得重大的突破。

第一章 互换性原理

1.1 互换性与优先数

1.1.1 互换性与标准化

1. 互换性的概念

随着现代生产技术、管理技术的进步和生产力的发展,产品的复杂程度及其质量要求日益提高。为适应这种社会化大生产的需要,提高生产效率,降低成本,保证产品质量,必须按照专业化协作的原则进行生产。现代化生产的分工协作要求遵循互换性原则。

(1) 互换性的含义

互换性是指按照同一规格制造的零件或部件,不经选择或辅助加工,任取其一,装配后就能满足预定的使用性能的性质。

互换性包括几何参数(尺寸、形状、相互位置及表面质量等)互换性和功能(物理、化学、电学、力学性能等)互换性。满足上述两条要求的称作具有广义互换性。这里仅讨论几何参数互换性。

(2) 互换性的种类

根据互换程度的不同,互换性可以分为以下两类。

完全互换 又称绝对互换,即完全达到了上述互换性的要求。即当零、部件在装配或更换时,事先不必挑选,装配时也无须进行修配就能装配在机器上,并能完全满足预定的使用性要求。

不完全互换 又称有限互换,即装配时需要选择、分组或调整。

如,当对零件的精度要求很高时,为了便于制造,常在制造时把零件的公差适当放大,在装配前先根据零件的实际尺寸分组,然后按组进行装配,以保证预先规定的使用性能要求。零件只能在本组内进行互换,这就属于不完全互换。不完全互换也是保证产品使用性能的重要手段,是完全互换的必要补充。

对标准的部件,互换性还可分为内互换与外互换;组成标准部件的零件的互换称内互换,标准部件与其他部件的互换称外互换。

2. 互换性的作用

互换原则是现代化生产所必须遵循的基本原则之一。应用互换性原则已成为提高生产水平和促进技术进步的强有力的手段。

(1) 在设计上,采用具有互换性的标准零件和标准部件,将简化设计工作量,缩短设计周

期,且便于应用计算机进行辅助设计。

(2) 在生产上,按互换性原则进行加工,各个零件可以同时分别加工,便于实现专业化、自动化生产。由于工件单一,易于保证加工质量。装配时,由于零、部件具有互换性,使装配过程能够连续而顺利地进行,从而大大缩短了装配周期。

(3) 在使用和修理上,具有互换性的备用零件和部件可以简单而迅速地替换磨损的或损坏的零、部件,这将缩短修理时间,节约修理费用,保证机器工作的连续性。这一点尤其对重要设备和军用品的修复更具有重大意义。

(4) 在管理上,使管理更简化、更科学,产品质量也更容易保证。

(5) 在经济上,它缩小了生产规模,减少了不必要的厂房、设备、设施和相应的管理、技术、操作人员,这些都将大大降低生产的成本。

互换性对于产品的设计、制造、管理、市场营销等过程无疑是十分重要的。具有高度互换性的产品是其具有较强市场竞争能力的必要条件之一。

3. 标准化

在机械制造中,标准化是广泛实现互换性生产的前提。标准是指为了取得国民经济最佳效果,在总结实践经验和充分协商的基础上,有计划地对人类生活和生产活动中具有多样性和重复性的事物,在一定范围内做出统一规定,并经一定的标准程序,以特定的形式颁发的技术法规。标准是评定一切产品质量的技术依据。

按标准化对象的特征,技术标准大致可归纳为以下几类:

(1) 基础标准 以标准化共性要求为对象的标准。如计量单位、术语、符号、优先数系、极限与配合、机械制图等标准。

(2) 产品标准 以产品及其构成部分为对象的标准。如机电设备、仪器仪表、工艺装备、零部件、毛坯、半成品及原材料等基本产品或辅助产品的标准。

(3) 方法标准 以生产技术活动中的重要程序、规划及方法为对象的标准。如设计计算方法、工艺规程、测试方法、验收规则及包装运输方法等标准。

(4) 安全与环境保护标准 专门为了安全与环境保护目的而制订的标准。

标准可按不同的级别颁布。我国技术标准分为国家标准、部标准(专业标准)和企业标准三级。

为了使世界各国在技术上统一,在国际上成立了国际标准化组织(ISO),负责制订国际标准。由于国际标准集中反映了许多国家的现代科学技术水平,并充分考虑了全球一体化经济中国际技术交流和国际贸易的需要,我国的国家标准已经或即将与国际标准接轨。

标准化是指制订标准、贯彻标准和修订标准的全部活动过程。标准化的意义在于积极推动人类的进步和科学技术的发展。

标准化是一门重要的综合性学科,它与许多学科交叉渗透,是技术与管理兼而有之的学科,是介于自然科学与社会科学之间的边缘学科。

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。标准化同时是联系科研、设计、生产、流通和使用等方面的纽带,是使整个社会经济合理化的技术基础。标准化也是发展贸易、提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。搞好标准化,对于加速发展国民经济、提高产品和工程建设质量、提高劳动生产率、搞好环境保护和安全卫生以及改善人民生活等都有着重要作用。

1.1.2 优先数与优先数系

工程上各种技术参数的协调、简化和统一是标准化的重要内容。

优先数与优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值制度。

优先数系是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 Renard 的第一个字母, r 是代表 5、10、20、40 和 80 等项数)。等比数列的公比 $q_r = \sqrt[r]{10}$, 其涵义是在同一个等比数列中,每隔 r 项,后项与前项的比值为 10。

我国标准 GB/T 321—1980 采用的优先数系与国际标准 ISO 3—1973 相同,用 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示。其中 R5、R10、R20 和 R40 是常用数列,作为基本系列,R80 则作为补充系列。根据生产需要,还有派生数列和复合数列。表 1-1 是优先数的基本系列。优先数中每一个数值即为优先数。

表 1-1 优先数和优先数系 (GB/T 321—1980)

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				9.50
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50	10.0	10.0	10.0	10.0
			2.12				4.75				

由表 1-1 可知,优先数系中公比数值小的某一系列包含公比数值大的数系中所有数值。例如,R20 系列的数值包含了 R10、R5 系列的数值。

优先数可以以十进制延伸的方式向大、小两个方向任意扩展,具有明显的规律性;同一系列优先数的商、积和整数幂运算结果仍为优先数;优先数疏密适中,选用方便。

为了使优先数系有更大的适应性,可以从基本系列中,每隔几项取一个优先数,组成一个新的优先数系列——派生系列。例如,常用的派生系列 $R_{10/3}$,就是从基本系列 R10 中,自 1 以后,每隔三项取一个优先数组成的,即 1.00、2.00、4.00、8.00、16.0、32.0……

按优先数的理论公比计算所得到的数值为优先数的理论值,该值为无理数,不便于实际应用;取理论值的五位有效数字的近似值为计算值,主要用于工程上精确计算;对计算值再作圆整,保留三位有效数字的数值称为常用值,其对计算值的最大相对误差为 $+1.26\% \sim -1.01\%$;对部分常用值作进一步的圆整,称为化整值。我国标准尺寸 GB/T 2822-1981 就是依据优先数的常用值和部分化整值而制定的。

在进行机械设计和制造时,应该使用优先数和标准尺寸。通常,一般机械的主要参数按 R5 或 R10 系列;专用工具的主要尺寸按 R10 系列;通用型材、零件及工具的尺寸和铸件的壁厚按 R20 系列。

1.2 极限与配合

为使零件具有互换性,必须保证零件的尺寸、表面粗糙度、几何形状及零件上有关要素的相互位置等技术要求的一致性。就加工的尺寸精度而言,并不是要求零件都准确地制成一个指定的尺寸,而只是限定其在一个合理的范围内变动。这个范围,要求在使用和制造上是合理的、经济的;对于相互配合的零件,要求保证相互配合的尺寸之间形成一定的配合关系,以满足不同的使用要求。前者标准化为“极限制”,后者标准化为“配合制”,即“极限与配合”制度。

为尽快适应国际贸易、技术和经济交流以及国际标准飞跃发展的需要,使我国标准尽可能与国际标准一致或等同,国家组织有关单位对由国家标准总局 1979 年颁布的“公差与配合”标准中的部分标准进行了修订,已由国家技术监督局批准执行。本节内容所涉及的标准是:

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 1801—1999 极限与配合 公差带和配合的选择;

GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差。

1.2.1 基本术语及定义

结合公差与配合示意图(图 1-1),介绍相关的术语及定义。

1. 尺寸 以特定单位表示线性尺寸值的数值。它由数字和长度单位组成,包括直径、半径、长度、宽度、高度、厚度及中心距等。机械工程应用时规定以毫米(mm)为单位。它不包括用角度单位表示的角度尺寸。

2. 基本尺寸 通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸的尺寸。它是根据强度、刚度或结构需要计算,并按标准尺寸 GB/T 2822—1981 选取的。它并不是实际加工中所要求得到的尺寸。基本尺寸也可以是一个小数值。孔、轴的基本尺寸分别以 D 、 d 表示。

3. 实际尺寸 通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。孔、轴可以是圆柱形内、外表面,也可以是由两个平行平面或切面形成的包容面、被包容面。如键槽和键的宽向两侧面,即分别为内表面和外表面。由于存在器具、方法、人员和环境等因素所造成的测量误差,所以实际尺寸不一定是被测尺寸客观存在的真值。孔、轴的实际尺寸分别以 D_0 、 d_0 表示。

4. 极限尺寸 一个孔或轴允许的尺寸的两个极端。实际尺寸应位于其中,也可达到极限

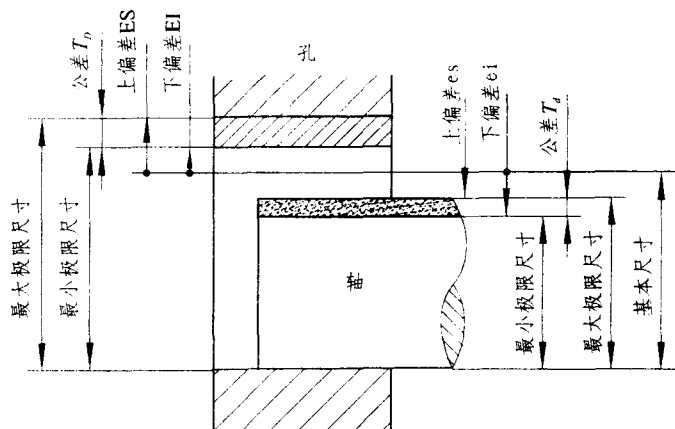


图 1-1 公差与配合示意图

尺寸。孔或轴允许的最大尺寸称为最大极限尺寸,分别以 $D_{\max}$ 、 $d_{\max}$ 表示;孔或轴允许的最小尺寸称为最小极限尺寸,分别以 $D_{\min}$ 、 $d_{\min}$ 表示。极限尺寸可以大于、小于或等于基本尺寸。

5. 最大实体极限(MML) 孔、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)。孔、轴处于最大实体状态时的尺寸称为最大实体尺寸(MMS),对应于孔或轴最大实体尺寸的那个极限尺寸称为最大实体极限,即轴的最大极限尺寸($d_{\max}$)和孔的最小极限尺寸($D_{\min}$)。

6. 最小实体极限(LML) 孔、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)。孔、轴处于最小实体状态时的尺寸称为最小实体尺寸(LMS),对应于孔或轴最小实体尺寸的那个极限尺寸称为最小实体极限,即轴的最小极限尺寸($d_{\min}$)和孔的最大极限尺寸($D_{\max}$)。

7. 偏差 某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸等)减其基本尺寸所得的代数差。偏差可以是正值、负值或零。

8. 极限偏差 有上偏差和下偏差。

上偏差 最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔、轴的上偏差分别以 ES、es 表示,有

$$ES = D_{\max} - D$$

$$es = d_{\max} - d$$

下偏差 最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔、轴的下偏差分别以 EI、ei 表示,有

$$EI = D_{\min} - D$$

$$ei = d_{\min} - d$$

9. 尺寸公差(简称公差) 最大极限尺寸减最小极限尺寸之差,或上偏差减下偏差之差。它是允许尺寸的变动量,恒为正值。公差以 T 表示,有

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

由此可知,公差用于限制尺寸误差,它是尺寸精度的一种度量。公差数值越小,零件的精

度越高,实际尺寸的允许变动量也越小;反之,公差数值越大,尺寸的精度越低。

10. 公差带图 为了形象地表示基本尺寸、偏差和公差的关系,常画出简图表示。简图不画出孔和轴,而只画出放大的孔和轴的公差带。这种表示极限与配合的图解称作公差带图(见图 1-2)。

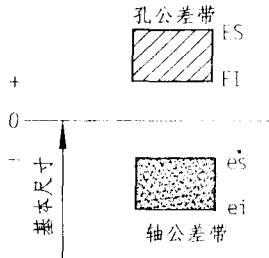


图 1-2 公差带图

零线 是在极限与配合的图解中,表示基本尺寸的一条直线,以其为基准确定偏差和公差。正偏差位于其上,负偏差位于其下。

公差带 是在公差带图解中,由代表上偏差和下偏差、或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。它是由公差大小和其相对零线的位置(基本偏差)来确定的。确定公差带相对零线的位置的那个极限偏差称为基本偏差。

1.2.2 配合与基准制

1. 配合的概念

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。由于孔和轴的实际尺寸不同,装配后可能获得不同的配合性质,产生“间隙”或“过盈”。

间隙是指孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为正。孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸之差为最大间隙,孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸之差为最小间隙,见图 1-3。

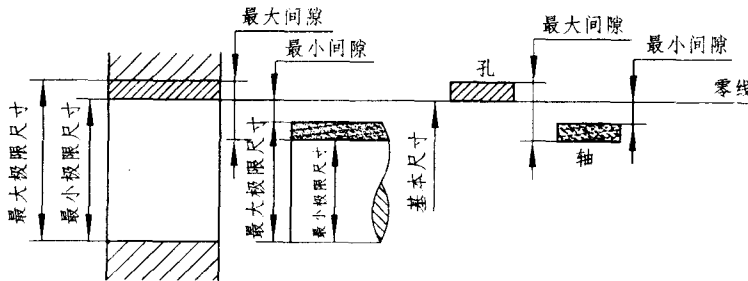


图 1-3 间隙配合

过盈是指孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为负。孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸之差为最大过盈,孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸之差为最小过盈,见图 1-4。

2. 配合的分类

根据孔、轴之间形成间隙或过盈的情况,可将配合分为三类:

(1) 间隙配合

具有间隙的配合称为间隙配合。此时,孔的尺寸总是大于轴的尺寸,轴能在孔内自由的转动或滑动。间隙的大小决定着配合的松紧程度。在公差带图中,孔的公差带在轴的公差带之上,如图 1-3 所示。在间隙配合中,间隙的极限为最小间隙和最大间隙。间隙配合包括最小间隙等于零的配合。

(2) 过盈配合

具有过盈的配合称为过盈配合。此时,孔的尺寸总是小于轴的尺寸,当轴装入孔内后,就