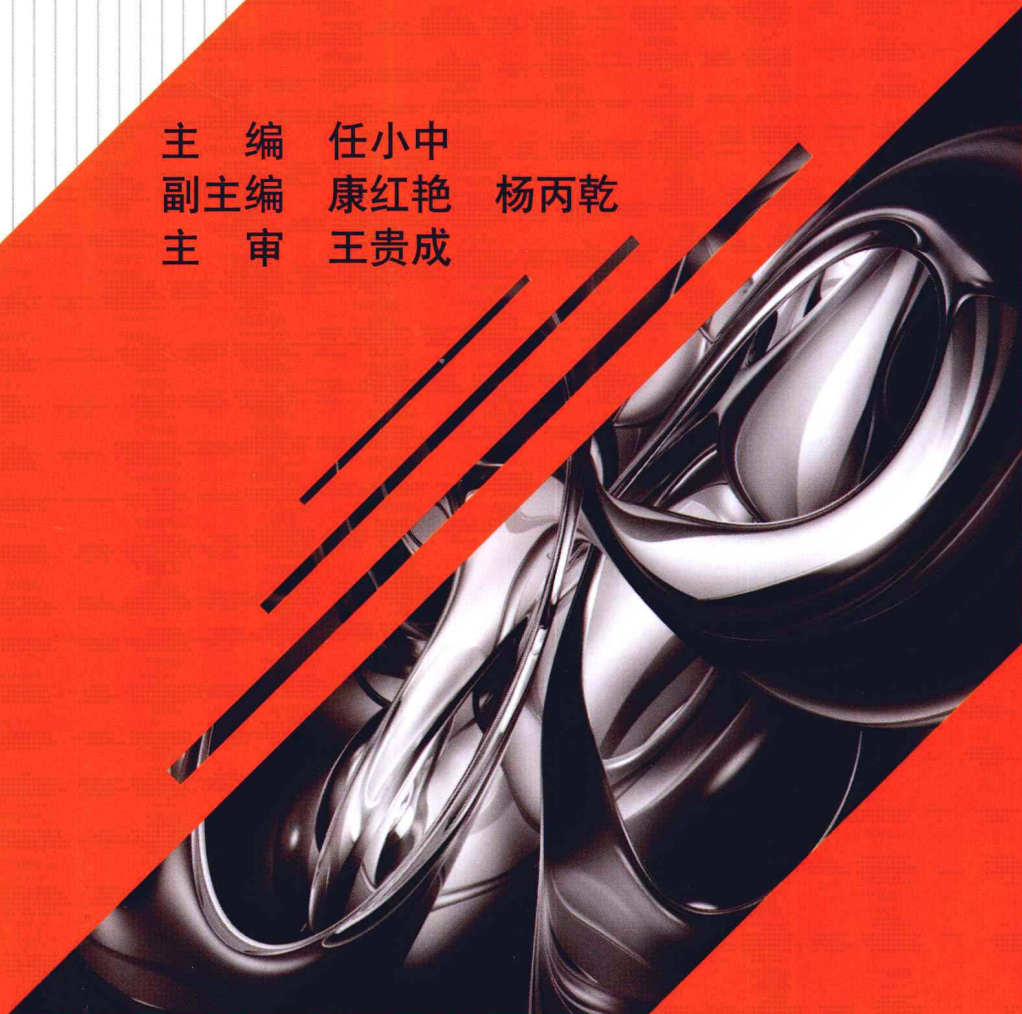




普通高等教育“十二五”规划教材

机械制造基础

主 编 任小中
副主编 康红艳 杨丙乾
主 审 王贵成



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

机械制造技术基础

主 编 任小中
副主编 康红艳 杨丙乾
主 审 王贵成

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据机械工程类专业的人才培养目标,结合近年来“高等学校本科教学质量与教学改革工程”建设的实践与成果编写的。本书依照“重基础、精内容、强实践”的原则,从科学思维、学科综合和技术集成的角度,重点介绍机械制造技术的基本理论与方法,并通过相关实践教学环节的训练,理论联系实际,启发学生科学思维,培养学生科学创新和工程实践的能力。

本书由机械工程类专业的多门技术基础课的核心内容综合而成。全书共8章,主要内容包括机械制造过程的基础知识、金属切削原理及其应用、金属切削机床及所用刀具、机械加工工艺规程设计、机床夹具设计原理、机械加工质量分析与控制、机器装配技术基础、制造模式与制造技术的发展。各章后均附有案例研究和一定数量的习题与思考题。

本书内容综合性强、体系新颖,可作为高等院校机械工程类专业和近机械类专业本科、高职高专学生的教材或教学参考书,也可供制造业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/任小中主编. —北京:科学出版社,2012
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-03-032756-7

I. ①机… II. ①任… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 231697 号

责任编辑:毛 莹 / 责任校对:包志虹
责任印制:张克忠 / 封面设计:速底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年1月第一次印刷 印张:19 1/4

字数:490 000

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

为落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010~2020年)》关于加强教材建设、提高人才培养质量的精神,我们在总结近年来“高等学校本科教学质量与教学改革工程”建设成果与经验的基础上编写了这本教材。

本书是普通高等教育“十二五”规划教材,以“重基础、精内容、强实践”作为编写指导思想,对原金属切削原理与刀具、金属切削机床、机械制造工艺学与夹具设计等课程的主要内容进行了综合与优化。全书以机械制造技术的基础知识、基本理论和基本方法为主线,以培养学生分析和解决问题的能力为目标,在传承传统工艺与制造装备技术的同时,注意现代机械制造技术与制造模式的应用与发展,较系统地构建了机械制造技术的基础体系。本书具有以下特色:

(1) 知识体系完整。实现金属切削原理、机床与工艺装备、机械制造工艺以及加工质量控制等各方面的理论和知识的有机统一,形成完整的机械制造技术基础体系。

(2) 体系新颖,启迪性强。每章均设有“案例研究”栏目,引导读者去探究。每章后附有一定数量的习题与思考题,有助于读者抓住重点、深化学习。

(3) 重点突出,详略得当。依据机械工程类专业人才培养大纲,本着“够用为度”的原则,对要求掌握的内容进行详述,对一般了解的则从简。减少烦琐的理论推导,注重采用图、表描述。

(4) 理论联系实际,注重实用。在介绍金属切削理论、典型装备的机械结构以及机械制造方法的同时,注重讲述在实际生产中如何合理运用这些基本知识,强调培养分析和解决实际问题的能力。

本书由河南科技大学任小中担任主编,洛阳理工学院康红艳、河南科技大学杨丙乾担任副主编。任小中负责全书的统稿和定稿。具体编写分工如下:任小中编写绪论、第4章的4.1节~4.5节、第7章、第8章;熊伟编写第1章;郑晓利编写第2章;康红艳编写第3章;吴立编写第4章的4.6节、4.7节;杨丙乾编写第5章;许惠丽编写第6章。

本书承蒙江苏大学王贵成教授主审,在审阅过程中,王贵成教授提出了很多珍贵的建议和意见,在此表示由衷的感谢。

本书在编写和出版过程中得到了多所高等院校老师的鼎力协助,以及科学出版社的大力支持和帮助。本书还得到了河南科技大学教材出版基金的资助,得到了河南科技大学教务处、河南科技大学机电工程学院的领导和同事们的支持。谨此表示诚挚的谢意。

由于编者所及资料 and 水平有限,书中难免有不当之处,恳请广大读者不吝赐教(联系方式:zhizaosuo@163.com)。

编 者

2011年10月

目 录

前言	
绪论	1
0.1 机械制造业及其在国民经济中的地位和作用	1
0.2 制造技术的发展历程	2
0.3 我国机械制造业的现状	3
0.4 课程的性质与研究内容	4
0.5 课程的学习要求和学习方法	4
习题与思考题	5
第1章 机械制造过程的基础知识	6
1.1 机械制造过程	6
1.1.1 机械产品的制造过程	6
1.1.2 机械制造工艺过程	6
1.1.3 工艺过程的组成	6
1.1.4 生产类型及其工艺特征	8
1.2 机械制造工艺方法	10
1.2.1 机械零件制造工艺方法分类	10
1.2.2 零件表面的成形方法和成形运动	10
1.2.3 加工表面与切削要素	12
1.2.4 机械加工方法	14
1.3 工件安装方法	21
1.3.1 基准的概念及其分类	21
1.3.2 工件定位方法	22
1.3.3 工件的安装	27
习题与思考题	29
第2章 金属切削原理及其应用	30
2.1 金属切削刀具基本知识	30
2.1.1 刀具的几何形状	30
2.1.2 刀具材料	36
2.2 金属切削过程的基本理论	41
2.2.1 金属切削中的变形	41
2.2.2 切削力与切削功率	47
2.2.3 切削热与切削温度	51
2.2.4 刀具磨损与刀具寿命	54
2.3 金属切削基本规律的应用	61
2.3.1 切屑的控制	61
2.3.2 工件材料切削加工性的改善	64
2.3.3 切削液	66
2.3.4 刀具几何参数的合理选择	69
2.3.5 切削用量的合理选择	71
习题与思考题	73
第3章 金属切削机床及所用刀具	75
3.1 概述	75
3.1.1 机床的分类及型号	75
3.1.2 机床的基本组成	79
3.1.3 机床的传动	80
3.1.4 刀具的类型	81
3.2 车床与车刀	82
3.2.1 车削的基本内容	82
3.2.2 车床的类型与车刀	83
3.2.3 CA6140 型卧式车床的结构特征	84
3.3 磨床与砂轮	99
3.3.1 磨床	99
3.3.2 砂轮	101
3.3.3 磨削过程及其特征	104
3.4 齿轮加工机床与齿轮刀具	106
3.4.1 齿轮加工方法	106
3.4.2 齿轮加工机床	106
3.4.3 齿轮刀具	113
3.5 其他常见类型的机床与刀具简介	114
3.5.1 孔加工机床与刀具	114

3.5.2 铣床与铣刀	122	4.7.3 工艺方案的经济性分析	166
3.5.3 刨床	125	习题与思考题	169
习题与思考题	127	第5章 机床夹具设计原理	172
第4章 机械加工工艺规程设计	129	5.1 机床夹具概述	172
4.1 工艺规程制订概述	129	5.1.1 机床夹具及其分类	172
4.1.1 机械加工工艺规程及其作用	129	5.1.2 机床夹具的功用	173
4.1.2 制订机械加工工艺规程的原则以及所需的原始资料	131	5.1.3 机床夹具的组成	173
4.1.3 机械加工工艺规程制订的步骤及其内容	131	5.2 工件在夹具中的定位	174
4.2 定位基准的选择	135	5.2.1 工件定位原理	175
4.2.1 精基准的选择原则	136	5.2.2 定位误差的分析与计算	178
4.2.2 粗基准的选择原则	137	5.3 工件在夹具中的夹紧	186
4.3 工艺路线的拟订	140	5.3.1 夹紧装置的组成和要求	186
4.3.1 表面加工方法与使用设备的选择	141	5.3.2 夹紧力的确定原则	187
4.3.2 加工阶段的划分	144	5.3.3 几种常用的夹紧机构	190
4.3.3 工序集中与工序分散	144	5.4 典型机床夹具设计要点	197
4.3.4 工序顺序的安排	145	5.4.1 车床夹具	197
4.4 加工余量的确定	147	5.4.2 钻床夹具	199
4.4.1 加工余量的概念	147	5.4.3 铣床夹具	205
4.4.2 影响加工余量的因素	149	5.4.4 其他机床夹具	208
4.4.3 确定加工余量的方法	150	5.5 机床专用夹具的设计方法	210
4.5 工序尺寸及其公差确定	150	5.5.1 机床专用夹具设计的基本要求	210
4.5.1 概述	150	5.5.2 机床专用夹具设计的方法和步骤	210
4.5.2 工艺尺寸链	151	5.5.3 机床专用夹具设计实例	211
4.5.3 尺寸链的基本计算公式	154	习题与思考题	214
4.5.4 工艺尺寸链的应用	155	第6章 机械加工质量分析与控制	217
4.6 计算机辅助工艺过程设计	158	6.1 机械加工质量概述	217
4.6.1 概述	158	6.1.1 机械加工质量的内涵	217
4.6.2 计算机辅助工艺过程设计(CAPP)系统	159	6.1.2 机械加工精度的基本概念	217
4.6.3 计算机辅助工艺过程设计的关键技术	162	6.1.3 机械加工表面质量的概念	218
4.7 工艺过程的经济性分析	164	6.2 影响加工精度的因素分析	219
4.7.1 生产率与经济性	164	6.2.1 概述	219
4.7.2 时间定额的确定	165	6.2.2 工艺系统几何误差	220
		6.2.3 工艺系统的受力变形	229
		6.2.4 工艺系统热变形	232
		6.2.5 工件内应力引起的变形	235

6.3 保证和提高加工精度的主要措施	236	7.2.3 选择装配法	265
6.3.1 误差预防技术	236	7.2.4 修配装配法	267
6.3.2 误差补偿技术	238	7.2.5 调整装配法	269
6.4 加工误差的统计分析	239	7.3 装配工艺规程的制订	271
6.4.1 加工误差的分类	239	7.3.1 装配工艺规程的主要内容	271
6.4.2 分布曲线分析法	239	7.3.2 制订装配工艺规程的基本原则及所需要的原始资料	271
6.4.3 点图分析法	244	7.3.3 制订装配工艺规程的方法与步骤	272
6.5 影响加工表面质量的因素	246	习题与思考题	273
6.5.1 影响表面粗糙度的因素	246	第8章 制造模式与制造技术的发展	275
6.5.2 影响表面层物理力学性能的因素	248	8.1 现代制造技术概述	275
6.6 机械加工过程中的振动	249	8.1.1 现代制造技术及其特点	275
6.6.1 概述	249	8.1.2 现代制造技术的发展趋势	275
6.6.2 机械加工过程中的强迫振动	250	8.2 现代制造工艺技术	278
6.6.3 机械加工过程中的自激振动	250	8.2.1 超精密加工技术	278
6.6.4 控制机械加工振动的途径	253	8.2.2 微细/纳米加工技术	281
习题与思考题	256	8.2.3 高速加工技术	284
第7章 机器装配技术基础	258	8.2.4 现代特种加工技术	286
7.1 机器装配概述	258	8.2.5 快速原型制造技术	289
7.1.1 机器的装配工艺过程	258	8.3 先进制造模式	292
7.1.2 机器装配精度及其影响因素	259	8.3.1 并行工程	292
7.2 保证装配精度的方法	260	8.3.2 精益生产	294
7.2.1 装配尺寸链	260	8.3.3 敏捷制造	296
7.2.2 互换装配法	262	习题与思考题	298
		参考文献	299

绪 论

0.1 机械制造业及其在国民经济中的地位和作用

制造业是将制造资源通过制造过程转化为可供人和社会使用和利用的工业产品或生活消费品的行业。制造业涉及国民经济各个行业。纵观世界各国,任何一个经济强大的国家,无不具有发达的制造业。许多国家的经济腾飞,制造业功不可没。制造业的作用具体表现在以下几个方面。

(1) 制造业是国民经济的支柱产业和经济增长的发动机。在发达国家中,制造业创造了约 60% 的社会财富、约 45% 的国民经济收入。其中美国 68% 的财富来源于制造业,日本 49% 的国民生产总值来源于制造业。我国制造业产值占工业总产值的比例为 45%。

(2) 制造业是高技术产业化的基本载体。以美国为例,制造业企业几乎囊括了美国产业的全部研究和开发,提供了制造业内外所用的大部分技术创新,使美国长期经济增长的大部分技术进步都来源于制造业。纵观工业化历史,众多的科技成果都孕育于制造业的发展之中。制造业也是科技手段的提供者,科学技术与制造业相伴成长。例如,20 世纪兴起的核技术、空间技术、信息技术、生物医学技术等高新技术无一不是通过制造业的发展而产生并转化为规模生产力的。其直接结果是导致诸如集成电路、计算机、移动通信设备、国际互联网、机器人、核电站、航天飞机等产品相继问世,并由此形成了制造业中的高新技术产业。

(3) 制造业是吸纳劳动就业的重要途径。在工业国家中,约 1/4 的人口从事各种形式的制造活动。在我国,制造业吸引了一半的城市就业人口,农村剩余劳动力也有近一半流入了制造业。

(4) 制造业是国际贸易的主力军。近年来,国际贸易增长速度高于世界经济增长近两倍。由于初级产品的技术含量低,在国际市场的竞争力越来越弱,各国都千方百计扩大制成品的出口,以提高国际竞争力和附加价值。美、英、法、德、日等国家的制成品出口占全部出口比重的 90% 以上。20 世纪 90 年代以后,我国制造业的出口一直维持在 80% 以上,创造了接近 3/4 的外汇收入。

(5) 制造业是国家安全的重要保障。现代战争已进入“高技术战争”的时代,武器装备的较量在很大意义上就是制造技术水平的较量。没有精良的装备,没有强大的装备制造业,一个国家不仅在军事和政治上的安全得不到保障,而且经济和文化上的安全也会受到威胁。

机械制造业是制造业的重要组成部分。它肩负着直接为用户提供消费品和为国民经济各部门提供各种技术装备的双重任务。机械制造业是国家工业体系的重要基础和国民经济的重要组成部分。国民经济各部门的生产水平和经济效益,在很大程度上取决于机械制造业所提供装备的技术性能、质量和可靠性。

0.2 制造技术的发展历程

制造技术是制造业为国民经济建设和人民生活生产各类必需物资所使用的一切生产技术的总称,是将原材料和其他生产要素经济合理地转化为可直接使用的具有较高附加值的成品/半成品和技术服务的技术群。这些技术包括运用一定的知识和技能,操纵可以利用的物质、工具,采取各种有效的策略、方法等。制造技术的发展受多方面因素的影响,但最主要的因素是技术的推动和市场的牵引。

人类最早的制造活动可以追溯到石器时代。当时,人类利用天然石料制作劳动工具,用其猎取自然资源为生。到了青铜器和铁器时代,为了满足以农业为主的自然经济的需要,出现了诸如纺织、冶炼、锻造等较为原始的制造活动,并采用作坊式手工业的生产方式,形成了以分工为基础的协作工厂手工制造业。

18世纪70年代,蒸汽机和纺纱机的诞生,引发第一次工业革命,从手工业作坊式生产到以机械加工和分工原则为中心的工厂生产,手工劳动逐渐被机器生产所代替。

19世纪中叶,电磁场理论的建立为发电机和电动机的产生奠定了基础,从而进入了电气化时代。由于电气技术与其他制造技术的融合,制造业得到了迅速发展,出现了以经验管理为主、生产过程简单、分工不专业、生产规模小的原始机械工厂。

20世纪初,内燃机的发明引发了制造业的又一次革命,流水生产线和泰勒(Taylor)式科学管理方法得到应用。福特(Ford)公司率先推行零件互换性技术,1931年建立了具有划时代意义的汽车装配生产线,实现了以刚性自动化制造技术为特征的大量生产方式和“规模效益第一”的生产方式,使汽车的价格在几年内降低到原价格的1/8,促进了汽车进入家庭。这种大批量生产方式一直延续到20世纪60年代。

1952年世界上第一台数控(NC)机床的诞生,标志着数字化制造时代的到来。数控机床被公认为是解决单件小批量生产自动化的有效途径,因而发展速度很快。20世纪70年代初期出现了计算机数控(CNC),随之又出现了由一台中央计算机控制若干台CNC机床的计算机直接数控(DNC),大规模生产方式开始逐步向多品种、中小批量的生产方式转变。进入20世纪80年代,基于先进的计算机技术和自动化技术发展了各种先进的单元制造技术,如柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)等,为制造业多品种、中小批量的生产提供了强有力的装备支持和技术保障。

进入20世纪80年代,制造理念、制造技术和制造装备也迎来了新的发展时期,出现了物料需求计划(MRP)、制造资源规划(MRP II)、企业资源规划(ERP);以计算机为中心的集成制造技术从根本上改变了制造技术的面貌和水平,体现新的制造模式的计算机集成制造系统(CIMS)、并行工程(CE)以及精益生产(LP)得到实践、应用和推广。20世纪90年代以来,以Internet为代表的信息技术革命给世界带来了巨大的变化,经济全球化进程也打破了传统的地域经济发展模式,市场变得更加广阔。提高制造企业的快速响应能力以适应瞬息万变的市场需求,成为企业赢得市场竞争的关键。于是相继出现了许多先进的制造模式,如敏捷制造(AM)、精益—敏捷—柔性(LAF)生产系统、虚拟制造(VM)、智能制造(IM)和绿色制造(GM)等。其中LAF生产系统是在全面吸收精益生产、敏捷制造和柔性制造的精髓后的一种全新的生产制造模式,是当今21世纪极有发展

前景的先进制造模式。

0.3 我国机械制造业的现状

1. 我国制造业的成就

(1) 我国已成为世界制造大国,被称为“世界工厂”。2009年我国成为仅次于美国的全球第二大工业制造国,许多行业或产品产量跃居世界前列。我国制造的拖拉机、小型柴油机、农用车、摩托车、自行车、空调器、冰箱、微波炉、电视机、洗衣机、太阳能热水器、程控交换机、VCD机、DVD机,以及钢、水泥、合成氨、化纤、服装等100多种重要产品的产量已居世界首位。

(2) 已建立了一个比较完整的工业体系,提供重大成套装备的能力不断提高。例如,为上海磁悬浮列车项目提供的由8台数控落地镗铣床组成的轨道深加工自动线;年产1~2千万吨级不同开采工艺的露天矿采掘和年产500万吨级井下矿采掘成套设备;20世纪世界最大的装机容量达18200MW的长江三峡水电站;300MW秦山核电站成套设备;500kV交流输变电成套设备;3.5万吨级浅吃水和1.2万吨级超浅吃水运煤船;宝钢三期工程250t氧气转炉、1450mm板坯连铸机和1550mm冷连轧板机;1.2万吨自由锻造水压机;年产50万吨腈纶大型化工成套设备;6000m电驱动沙漠钻机;先进程控交换机;北京正负电子对撞机;曙光、银河、联想等巨型计算机;新舟60新一代支线客机;核动力潜艇;两弹一星等。我国经过几代人的前仆后继,数亿人的发奋努力,“敢上九天揽月,敢下五洋捉鳖”的豪言壮语如今已经变成现实,如神舟7号载人飞船、“嫦娥一号”卫星、设计能力达7000m的“蛟龙号”水下机器人等。这些无一不是由我国自行设计和制造的。事实上,我国不仅能在天上与国外竞争,而且在地上一开始就抢占鳌头。中国的高铁就是一例。

(3) 各具特色的装备制造业聚集地逐渐形成。珠江三角洲已成为全球重要的家电、电子及通信设备和计算机制造聚集地;以上海为中心的长江三角洲已成为汽车、汽车零部件制造聚集地;东北重大成套设备制造聚集地、川陕国防装备制造聚集地等正稳定地为国民经济和国防建设发挥着不可或缺的作用。

以上成就表明,我国已成为世界的制造大国,成为继英、美、日后的又一个“世界工厂”,“中国制造”必将成为世界制造业的一支生力军。值得指出的是,我国是制造业大国但非制造业强国。

2. 我国制造业存在的差距

(1) 总体规模小。总体规模尚不到世界的5%,仅为美国的1/5、日本的1/4。

(2) 劳动生产率过低。人均劳动生产率仅为美国的1/25、日本的1/26、德国的1/20。

(3) 高能耗、高物耗、高排放。2007年,我国GDP相当于日本的67%,人均GDP相当于日本的6.5%,但是单位GDP能耗却相当于日本的近4倍,单位GDP排放相当于日本的10倍。2009年中国的工业固体废物产生量达到了20亿吨,相当于发达国家的十几倍。

(4) 低附加值的产品结构。我国出口额最多的机电产品近 5000 个海关税目中,出口单价高于进口单价的产品税目仅占 11%,其中专用设备不到 6%。

(5) 处于全球产业链的低端。我国国民经济和高技术产业所需装备已形成进口依赖,如光纤制造设备的 100%、集成电路芯片制造设备的 85%、石油化工装备的 80%、轿车工业装备、数控机床、纺织机械等 70% 都被进口产品占领。

(6) 技术创新能力十分薄弱。突出表现为:①主要机械产品技术来源的 57%来自国外,产业核心技术依赖进口,具有自主知识产权的产品少;②产品开发周期过长,企业对市场的快速反应能力差。据对我国约 2000 多种机械新产品的抽样调查,产品开发周期平均为 18 个月,而美国、日本、德国等新产品的平均开发周期仅为 4~6 个月。

(7) 低水平生产能力严重过剩。据第三次全国工业普查,机械、电子、化工、轻工、冶金等行业生产能力利用率分别为 51.86%、54.45%、54.9%、46.09%和 35.55%。

(8) 专业化水平低。我国基础零部件、基础工艺专业化水平与国外发达国家相比存在很大差距。例如,我国铸造生产专业化比例为 30%、锻造为 15%、热处理为 20%,而美、日、英、德等国的机械工业专业化水平达 75%~95%。

0.4 课程的性质与研究内容

“机械制造技术基础”课程是机械类本科相关专业一门主干技术基础课。它是以机械制造中的工艺问题为研究对象的一门应用性制造技术学科,主要研究各种机械产品的制造过程和方法。“机械制造技术基础”课程是由“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床概论”、“机械制造工艺学”、“机床夹具设计原理”等课程中最基本的概念和知识要点经过有机整合而形成的。但在内容编排和体系结构上进行了较大的调整,并遵循学生对机械制造技术的认知规律,首先介绍了机械制造过程的基础知识,通过深入讨论金属切削原理及其应用问题,使读者体会到了切削加工中会出现的现象、要遇到的问题以及应采取的措施等,接着介绍了机械制造中所用的机床与刀具方面的知识,然后对机械制造涉及的具体工艺问题,如机械加工和装配工艺规程的设计、机械制造质量分析与控制、机床夹具设计等作了详细介绍,最后介绍了制造模式和制造技术的最新发展。

0.5 课程的学习要求和学习方法

开设本课程的目的为学生在机械制造技术方面奠定最基本的知识和技能基础。通过课程的学习,要求学生能对整个机械制造活动有一个总体的了解与把握,初步掌握金属切削过程的基本规律和机械加工的基本知识。具体要求如下:

(1) 掌握金属切削过程的基本理论和规律,并能根据具体工艺要求选择合理加工方法。

(2) 了解常用机械加工装备(机床、刀具、机床夹具)的基本概念、结构,懂得机床、刀具的选用,并具有设计夹具的初步能力。

(3) 掌握影响机械加工质量(加工精度和表面质量)的因素,具有分析和解决具体工艺问题的初步能力。

(4) 了解和掌握制订机械加工工艺流程和机器装配工艺流程的基本原理和基本知识,具有制订工艺流程的初步能力。

(5) 对机械制造技术的新发展有一定的了解。

机械制造技术涉及的内容繁多,知识面广,且与生产实际联系密切,是一门综合性、实践性很强的工程技术。由于机械制造技术总结的是机械制造活动的一般原理和规律,在生产实践中具有很大的灵活性。针对机械制造技术“综合性、实践性、灵活性”强的特点,在学习本课程时,要注意实践知识的学习和积累,结合生产实习、课程实验、课程设计等实践性教学环节,弄懂机械制造技术的基本概念,善于总结、分析、应用,培养分析和解决机械制造过程中实际问题的能力。

案例研究

美国经济咨询机构环球通视有限公司的一份数据显示:2009年中国制造业的产值为1.608万亿美元,占全球制造业总产值的18.6%,低于美国的1.717万亿元,位居世界第二。联合国工业发展组织的统计报告显示,2009年中国在世界工业生产总值中份额达到15.6%,日本为15.4%,美国以19%的份额位居全球首位。英国《金融时报》2011年3月13日刊登文章披露:据经济咨询机构美国环球通视有限公司的一份研究报告估计,2010年中国占世界制造业产出的19.8%,略高于美国的19.4%。按产出计算,中国已经成为世界头号生产国,使中国回到了19世纪初的地位,打破了美国连续110年占据世界头号商品生产国的历史。

我国确实已成为世界制造大国,但“中国制造”却面临“大而不强”的尴尬。您认为这种尴尬主要体现在哪些方面?

习题与思考题

- 0-1 什么是制造业?制造业在国民经济中有什么作用?
- 0-2 什么叫制造技术?简述制造技术的发展历程。
- 0-3 当前我国制造业与发达国家相比存在的主要差距是什么?
- 0-4 国际水平制造技术的评价指标有哪些?
- 0-5 为什么要学习“机械制造技术基础”课程?应该怎么学习才能更好地理解和掌握机械制造技术?

第 1 章 机械制造过程的基础知识

1.1 机械制造过程

1.1.1 机械产品的制造过程

任何一种机械产品的制造都要经历产品设计、生产准备、原材料的运输和保管、毛坯制造、机械加工、热处理、装配和调试、油漆、包装等一系列过程,如图 1-1 所示。

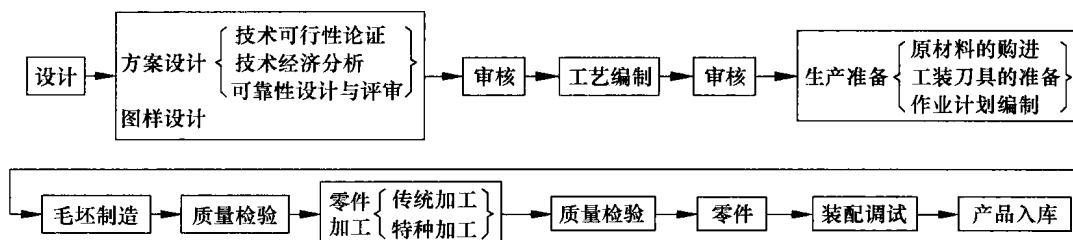


图 1-1 机械产品的制造过程

机械产品的制造过程实质上是由原材料转变为产品的各个相互关联的劳动过程总和。这个过程往往是由许多工厂或一个工厂的许多车间联合完成的,这样便于组织专业化生产,有利于保证产品质量,提高生产率,降低生产成本。

1.1.2 机械制造工艺过程

1. 工艺过程

在机械产品的制造过程中,用来直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。具体可分为铸造、锻造、焊接、冲压、机械加工、热处理和装配等。

2. 机械制造工艺过程

机械制造工艺是指制造机械产品的技巧、方法和程序。机械制造工艺过程一般是指机械加工工艺过程和机械装配工艺过程。采用机械加工的方法,按照一定的顺序逐步地改变毛坯的形状、尺寸、各表面间相互位置及表面质量,使其成为合格零件的过程称为机械加工工艺过程。将组成机器的零件、部件按照装配精度要求进行必要的连接和配合,使之成为合格机械产品的工艺过程称为机械装配工艺过程。

1.1.3 工艺过程的组成

机械加工工艺过程由一个或若干个按顺序排列的工序组成,而每一个工序又可细分

为安装、工位、工步和走刀等。

1. 工序

一个(或一组)工人,在同一台机床(或同一个工作地)对一个(或同时几个)工件所连续完成的那一部分工艺过程称为工序。工序是组成工艺过程的基本单元,也是生产计划和成本核算的基本单元。工人、工作地、工件和连续作业(三定一连续)构成了划分工序的四个要素。只要有其中任一要素发生变化,即构成了另一道工序。因此,同一个零件、同样的加工内容可以有不同的工序安排。

对于图 1-2 所示的阶梯轴,因生产批量不同,其工艺过程的组成就不同,如表 1-1 与表 1-2 所示。

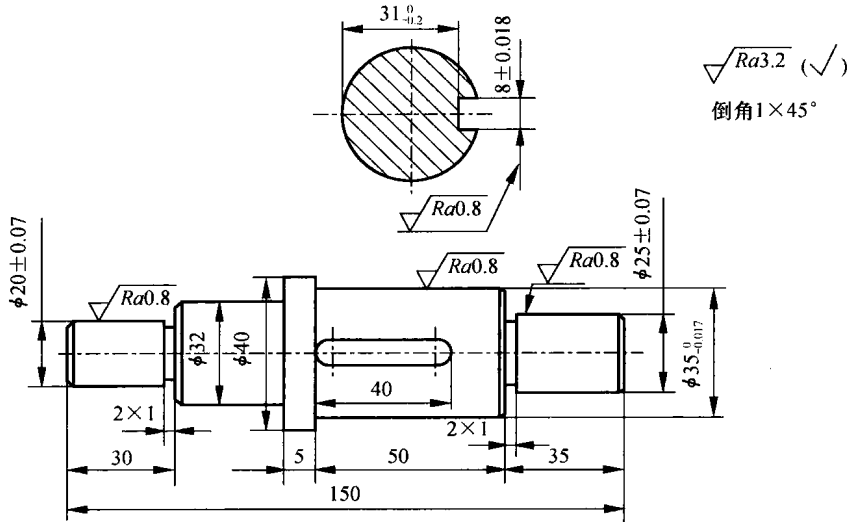


图 1-2 阶梯轴

表 1-1 阶梯轴单件生产工艺过程

工序号	工序名称和内容	设备
1	车端面,打中心孔,车外圆,切退刀槽,倒角	车床
2	铣键槽	铣床
3	磨外圆	磨床
4	去毛刺	钳工台

表 1-2 阶梯轴大批量生产工艺过程

工序号	工序名称和内容	设备
1	铣端面,打中心孔	铣钻联合机床
2	粗车外圆	车床
3	精车外圆,倒角,切退刀槽	
4	铣键槽	铣床
5	磨外圆	磨床
6	去毛刺	钳工台

2. 安装

在工件加工前,将工件在机床或夹具上定位并夹紧的过程称为安装。在同一加工工序中,工件至少要安装一次,也可能需要安装多次。在表 1-2 中,工序 2、3、5 都需要经过两次安装才能完成其全部工序内容。工件在加工中应尽量减少安装次数,因为多次安装不仅会增加安装误差,还会增加辅助时间。

3. 工位

为了减少安装次数,可采用回转工作台、回转夹具或移位夹具等,使工件在一次安装中先后处于不同的位置进行加工。工件在一次装夹后,工件与夹具或机床的可动部分一起相对于刀具或机床的固定部分所占据的每一个位置称为工位。图 1-3 所示为利用回转工作台在一次安装中依次完成装卸工件、钻、扩、铰孔的四工位加工实例。

4. 工步

在一个工序中,往往需要采用不同的刀具和切削用量对不同的表面进行加工。在加工表面、切削刀具以及切削用量中的切削速度和进给量均不变的情况下所连续完成的那部分工艺过程称为一个工步。当其中的一个因素改变后就变为另一工步。但是对于连续进行的几个相同的工步,如图 1-4(a)所示在零件上依次钻四个 $\phi 15$ 的孔,可视为一个工步,称为连续工步。同时用几把刀具(或复合刀具)加工工件上不同的几个表面,也可视为一个工步,称为复合工步,如图 1-4(b)所示。

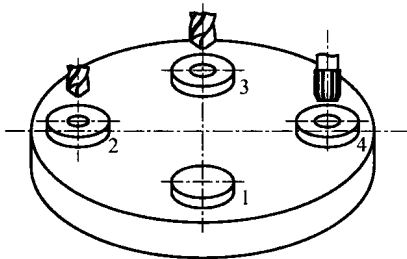


图 1-3 多工位加工

工位 1—装卸工件;工位 2—钻孔;

工位 3—扩孔;工位 4—铰孔

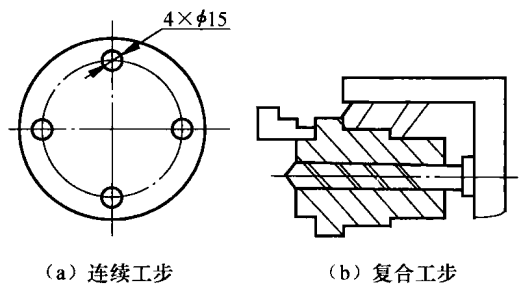


图 1-4 连续工步和复合工步

5. 工作行程(或走刀)

有些工步,由于需要切去的金属层较厚,需要用同一刀具对同一表面进行多次切削才能完成,则每次切削所完成的工步内容称为一个工作行程或一次走刀,如图 1-5 所示。

1.1.4 生产类型及其工艺特征

尽管各种机械产品的机械结构以及技术要求不同,但其制造工艺却存在很多共同特征。这些共同特征取决于企业的生产类型,而生产类型又由生产纲领所决定。

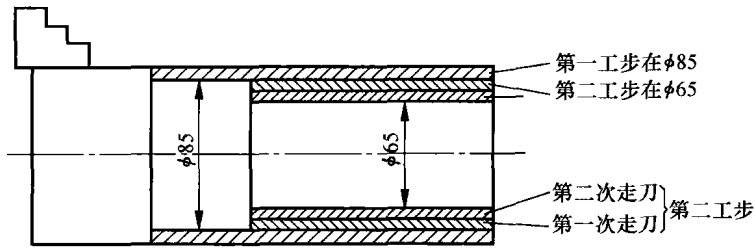


图 1-5 工步与走刀

1. 生产纲领

零件的生产纲领是包括备品和废品在内的年产量,可按下式计算

$$N = Qn(1 + \alpha)(1 + \beta)$$

式中, N ——零件的年产量;

Q ——产品的年产量;

n ——每台产品中该零件的数量;

α ——平均备品率;

β ——平均废品率。

2. 生产类型及其工艺特征

根据产品的生产纲领、尺寸大小和复杂程度,企业生产一般分为单件生产、成批生产和大量生产三种类型。

(1) 单件生产。产品的种类多,同一产品生产数量很少(仅制造一个或少数几个),加工对象经常变换且很少重复。重型机械、专用设备的制造和新产品试制都属于单件生产。

(2) 成批生产。产品的种类较多,每种产品均有一定的数量,加工对象周期性地重复。同一产品(或零件)每批投入生产的数量称为批量。根据产品的特征和批量的大小,成批生产可分为小批生产、中批生产和大批生产。通用机床和电动机等生产属于成批生产。

(3) 大量生产。产品的产量很大,大多数工作地长期重复地进行某种零件的某一工序的加工。汽车、拖拉机、自行车、轴承等生产都属于大量生产。

生产类型不同,产品制造工艺、所用设备和工艺装备以及生产的组织方式均不同。表 1-3 列出了各种生产类型的工艺特征。

表 1-3 各种生产类型工艺过程的主要特点

生产类型	单件生产	成批生产	大量生产
工艺过程特点			
工件互换性与装配方法	一般是配对制造,没有互换性,广泛用钳工修配	大部分有互换性,少数用钳工修配	全部有互换性;某些精度较高的配合用分组选择装配法
毛坯制造方法及加工余量	铸件用木模手工造型;锻件用自由锻。毛坯精度低,加工余量大	部分铸件用金属模;部分锻件用模锻。毛坯精度与加工余量中等	广泛采用机器造型、模锻等高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高,加工余量小
机床设备及其布置	通用机床按“机群式”排列,部分采用数控机床或加工中心	通用机床和部分专用机床兼用,数控机床、加工中心或柔性制造单元	专用生产线、自动生产线、柔性制造生产线或数控机床

生产类型 工艺过程特点	单件生产	成批生产	大量生产
夹具	多用标准附件,极少采用夹具,靠划线及试切法达到精度要求	广泛采用夹具或组合夹具,部分靠加工中心一次安装	广泛采用高生产率夹具,靠夹具及调整法达到精度要求
刀具与量具	采用通用刀具和万能量具	可以采用专用刀具及专用量具或三坐标测量机	广泛采用高生产率刀具和量具,或采用统计分析法保证质量
对工人的要求	需要技术熟练的工人	需要一定熟练程度的工人和编程技术人员	对操作工人的技术要求较低,对生产线维护人员要求有高的素质
工艺规程	有简单的工艺路线卡	有工艺规程,对关键零件有详细的工艺规程	有详细的工艺规程

1.2 机械制造工艺方法

1.2.1 机械零件制造工艺方法分类

根据零件制造过程中物料重量的变化与否以及变化趋势,可将机械零件的制造方法分为三类:

(1) 材料成形法。进入工艺过程物料初始重量近似等于加工后最终重量。如铸造、压力加工、粉末冶金、注塑成形等,这些方法多用于毛坯制造,但也可直接成形零件。

(2) 材料去除法。零件的最终几何形状是通过去除毛坯上的一部分材料、减少一部分重量来达到的。常规加工方法中如切削与磨削,特种加工中如电火花加工、激光加工、电解加工以及电解磨削等。

(3) 材料添加法。传统的材料添加方法有焊接、铆接等,通过这些不可拆卸连接使物料结合成一个整体,形成零件。近几年才发展起来的快速原型制造技术(RPM),是材料添加法的新发展。

1.2.2 零件表面的成形方法和成形运动

1. 零件表面形状与加工成形方法

尽管机械零件的形状有各种各样,但其不外乎由几种基本形状的表面,如平面、圆柱面、圆锥面以及各种成形表面所构成。图 1-6 所示为组成不同形状零件常用的各种表面。

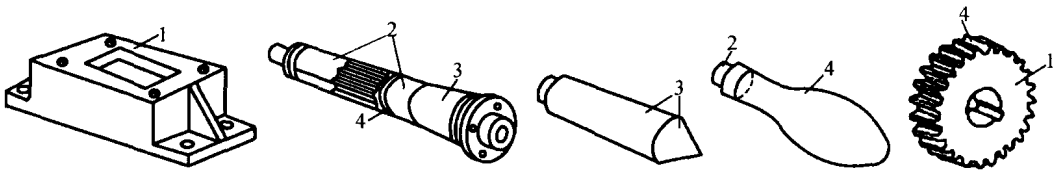


图 1-6 构成不同形状零件常用的各种表面
1—平面;2—圆柱面;3—圆锥面;4—各种成形表面