



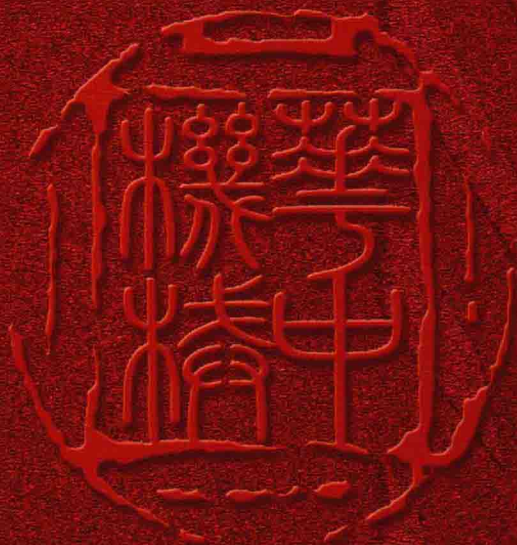
普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
面向21世纪课程教材

21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

# 材料成形与机械制造技术基础

——机械制造分册

主编 赵敖生 沈其文



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>

# 材料成形与机械制造技术基础

——机械制造分册

主 编	赵敖生	沈其文
副主编	陈本德	周世权
参 编	宜沈平	王海巧
	徐 伟	刘 凯

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 简 介

本教材《材料成形与机械制造技术基础——机械制造分册》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在总结教育部“工程制图与机械基础系列课程教学内容与课程体系改革”的教改项目中所取得的经验的基础上,参考《金属工艺学》《机械制造基础》等教材,以扩大知识面、提高起点、满足宽口径教学要求为原则重新编写而成的。

本教材对传统的金属工艺学内容进行了精选,并以零件机械加工方法和机械加工工艺为主要内容,编入了新材料、新工艺、新技术的内容,包括对新型工程材料的切削加工以及高速、超高速机械加工等反映当今机械加工最新科技成果的内容,还编入了现代制造技术、表面工程技术和机械制造过程自动化等章节。

本教材内容丰富,语言生动、流畅,通俗易懂;插图新颖、规范,图文并茂;思考题与习题量大且难度不一,可供不同层次的读者选做。

本教材可作为高等学校机电类本、专科学生的教材,也可供有关工程技术及新闻、经济管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

材料成形与机械制造技术基础. 机械制造分册/赵敦生,沈其文主编. —武汉: 华中科技大学出版社, 2015. 6

21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化系列教材

ISBN 978-7-5680-0964-5

I. ①材… II. ①赵… ②沈… III. ①工程材料-成型-高等学校-教材 ②机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TB3 ②TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 133833 号

材料成形与机械制造技术基础——机械制造分册

赵敦生 沈其文 主编

策划编辑: 徐正达

责任编辑: 徐正达

封面设计: 陈 静

责任校对: 马燕红

责任监印: 张正林

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编: 430074 电话: (027)81321913

录 排: 华中科技大学惠友文印中心

印 刷: 武汉鑫昶文化有限公司

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 26

字 数: 550 千字

版 次: 2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 48.00 元



本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

21 世纪高等学校  
机械设计制造及其自动化专业系列教材  
**编 审 委 员 会**

**顾问:** 姚福生                      黄文虎                      张启先  
(工程院院士)                      (工程院院士)                      (工程院院士)

谢友柏                      宋玉泉                      艾 兴  
(工程院院士)                      (科学院院士)                      (工程院院士)

熊有伦  
(科学院院士)

**主任:** 杨叔子                      周 济                      李培根  
(科学院院士)                      (工程院院士)                      (工程院院士)

**委员:** (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王安麟	王连弟	王明智	毛志远
左武炘	卢文祥	朱承高	师汉民	刘太林
李 斌	杜彦良	杨家军	吴昌林	吴 波
吴宗泽	何玉林	何岭松	陈康宁	陈心昭
陈 明	陈定方	张春林	张福润	张 策
张健民	冷增祥	范华汉	周祖德	洪迈生
姜 楷	殷国富	宾鸿赞	黄纯颖	童秉枢
傅水根	傅祥志	廖效果	黎秋萍	戴 同

**秘书:** 刘 锦    徐正达    万亚军

# 21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

## 总 序

“中心藏之，何日忘之”，在新中国成立 60 周年之际，时隔“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”出版 9 年之后，再次为此系列教材写序时，《诗经》中的这两句诗又一次涌上心头，衷心感谢作者们的辛勤写作，感谢多年来读者对这套系列教材的支持与信任，感谢为这套系列教材出版与完善作过努力的所有朋友们。

追思世纪交替之际，华中科技大学出版社在众多院士和专家的支持与指导下，根据 1998 年教育部颁布的新的普通高等学校专业目录，紧密结合“机械类专业人才培养方案体系改革的研究与实践”和“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革研究与实践”两个重大教学改革成果，约请全国 20 多所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师，经多年辛勤劳动编写了“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”。这套系列教材共出版了 20 多本，涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程，是一套改革力度比较大的教材，集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校在改革机械工程类人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

抚今这套系列教材出版发行 9 年来，已被全国数百所院校采用，受到了教师和学生的广泛欢迎。目前，已有 13 本列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材，多本获国家级、省部级奖励。其中的一些教材（如《机械控制基础》《机电传动控制》《机械制造技术基础》等）已成为同类教材的佼佼者。更难得的是，“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”也已成为一个著名的丛书品牌。9 年前为这套教材作序的时候，我希望这套教材能“加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作，对机械工程类专业人才培养质量的提高起到积极的促进作用”，现在看来，这一目标很好地达到了，让人倍感欣慰。



李白讲得十分正确：“人非尧舜，谁能尽善？”我始终认为，金无足赤，人无完人，文无完文，书无完书。尽管这套系列教材取得了可喜的成绩，但毫无疑问，这套书中，某本书中，这样或那样的错误、不妥、疏漏与不足，必然会存在。何况形势总在不断的发展，更需要进一步来完善，与时俱进，奋发前进。较之9年前，机械工程学科有了很大的变化和发展，为了满足当前机械工程专业人才培养的需要，华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下，对这套系列教材进行了全面修订，并在原基础上进一步拓展，在全国范围内约请了一大批知名专家，力争组织最好的作者队伍，有计划地更新和丰富“21世纪机械设计制造及其自动化专业系列教材”。此次修订可谓非常必要、十分及时，修订工作也极为认真。

“得时后代超前代，识路前贤励后贤。”这套系列教材能取得今天的业绩，是几代机械工程教育工作者和出版工作者共同努力的结果。我深信，对于这次计划进行修订的教材，编写者一定能在继承已出版教材优点的基础上，结合高等教育的深入推进与本门课程的教学发展形势，广泛听取使用者的意见与建议，将教材凝练为精品；对于这次新拓展的教材，编写者也一定能吸收和发展原教材的优点，结合自身的特色，写成高质量的教材，以适应“提高教育质量”这一要求。是的，我一贯认为我们的事业是集体的，我们深信由前贤、后贤一定能一起将我们的事业推向新的高度！

尽管这套系列教材正开始全面的修订，但真理不会穷尽，认识决无终结，进步没有止境。“嚶其鸣矣，求其友声”，我们衷心希望同行专家和读者继续不吝赐教，及时批评指正。

是为之序。

中国科学院院士

2009.9.9

## 前 言

本教材《材料成形与机械制造技术基础——机械制造分册》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在普通高等教育国家级“十五”规划教材《材料成形工艺基础》(第三版)的基础上,为拓宽口径、加强知识的融会贯通、作为《材料成形与机械制造技术基础——材料成形分册》的姊妹篇而专门编写的。

为了便于读者使用本教材,特作如下几点说明:

(1) 本教材是以机械零件加工为主要内容的技术基础课教材,弥补了《材料成形分册》缺少机械制造技术内容的不足。两分册互相衔接,使其涵盖了机器制造技术的主要内容,不仅体现了知识的完整性,而且增加了与其他相关课程教材的关联性。

(2) 考虑到金属切削加工仍为制造业主要的零件加工应用技术,本教材以零件机械加工方法和机械加工工艺为主要内容,全面、系统地阐述了机床、刀具、夹具、机械加工质量、典型零件加工方法、机械加工工艺过程、机器装配工艺等主干内容,以适应机械制造基础、机械制造工程学和机械制造工艺等相关课程的教学需要。在内容的选择上,既保留了传统金属工艺学内容的精华,又强调机械制造知识的全面性、系统性和创新性;既阐述技术基础理论,又介绍专业基本操作技能;既适应金属切削加工单件、小批生产类型,也符合机械零件现代化大生产的需要。

(3) 本教材坚持与《材料成形分册》一致的编写精神,适应宽口径、新专业的教学需要,提高起点,加强基础,淡化专业界限,深化教学改革,拓宽学生视野。为使学生能多方面适应科学技术日新月异的发展和社会高度文明进步的趋势,其内容既涵盖整个金属切削加工的基本内容,又充分体现科技最新发展水平,较大篇幅地编入了新材料、新工艺、新技术的内容,包括对高硬度、高强度、高韧度新型工程材料的切削加工,高速、超高速机械加工以及仿生制造等反映当今机械加工最新科技成果的内容,还编入了特种加工技术、细微加工技术、现代制造技术、表面工程技术和机械制造过程自动化等章节。

(4) 本教材文字叙述部分内容丰富,语言生动、流畅,通俗易懂;插图新颖、规范,特别将说明文字直接注于图上,图文并茂,便于阅读和理解。每章结尾处均编入了较多的复习思考题,且内容广泛,难度不一,可供不同层次的读者选做。

(5) 本教材内容涉及领域广泛,叙述尽量通俗易懂,使之适合于机械类、材料工程类专业师生的教学,也适合于非机械类,包括新闻、经济管理等类型的本科、专科及职业技术学院师生的教学,还适合于各类技术及管理人员自学阅读。

本教材的主编为赵教生、沈其文,副主编为陈本德、周世权。参加编写的有:赵教生(编写第1、6章),宜沈平(编写第2章),王海巧(编写第3、4、5章),徐伟(编写第9、10章),刘凯(编写第11、12、13、14、15章),陈本德(编写第7、8章)。全书由赵教生、沈其文统稿。

由于编者水平有限,在教学改革和科学研究中的经验有待进一步积累,因此,本教材难免存在错误或疏漏之处,恳请读者予以指正。

编 者

2015年1月



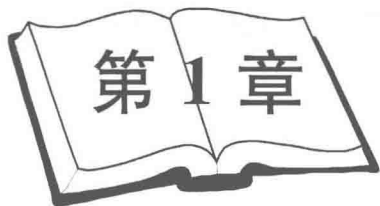


---

<b>第 1 章 机械制造概论</b> .....	(1)
1.1 机械制造及其生产结构 .....	(1)
1.2 机械制造技术的发展 .....	(3)
1.3 机械制造技术的特点 .....	(5)
思考题与习题 .....	(6)
<b>第 2 章 金属切削加工基础</b> .....	(7)
2.1 金属切削加工基本知识 .....	(7)
2.2 金属切削原理及其应用 .....	(16)
思考题与习题 .....	(29)
<b>第 3 章 金属切削常用刀具</b> .....	(31)
3.1 车刀 .....	(31)
3.2 铣刀 .....	(38)
3.3 其他刀具 .....	(42)
思考题与习题 .....	(51)
<b>第 4 章 典型机床</b> .....	(52)
4.1 金属切削机床基础知识 .....	(52)
4.2 车床 .....	(58)
4.3 卧式车床的传动与结构 .....	(60)
4.4 机床主要附件 .....	(77)
思考题与习题 .....	(82)
<b>第 5 章 其他类型常用机床</b> .....	(84)
5.1 铣床 .....	(84)
5.2 钻床与镗床 .....	(87)
5.3 磨床 .....	(91)
5.4 刨床、插床和拉床 .....	(95)
5.5 齿轮加工机床 .....	(99)
5.6 数控机床 .....	(109)
思考题与习题 .....	(133)
<b>第 6 章 机械加工工艺规程编制</b> .....	(135)

6.1	工艺规程概述 .....	(135)
6.2	定位基准的选择 .....	(147)
6.3	工艺路线的拟订 .....	(152)
6.4	工艺尺寸链 .....	(162)
6.5	生产效率和经济性 .....	(168)
	思考题与习题 .....	(171)
<b>第7章</b>	<b>机械加工质量 .....</b>	<b>(175)</b>
7.1	机械加工精度 .....	(175)
7.2	影响加工精度的因素 .....	(179)
7.3	工艺系统的受力变形 .....	(186)
7.4	工艺系统受热变形引起的加工误差 .....	(197)
7.5	内应力引起的加工误差 .....	(200)
7.6	机械加工中的振动 .....	(203)
7.7	提高加工质量的主要工艺措施 .....	(207)
7.8	加工误差的统计分析 .....	(209)
	思考题与习题 .....	(218)
<b>第8章</b>	<b>机械装配工艺基础 .....</b>	<b>(221)</b>
8.1	概述 .....	(221)
8.2	装配尺寸链 .....	(222)
8.3	保证装配精度的方法 .....	(224)
8.4	装配工艺规程的制订 .....	(229)
8.5	机器的装配结构工艺性 .....	(231)
8.6	圆柱齿轮减速器装配实例 .....	(237)
	思考题与习题 .....	(244)
<b>第9章</b>	<b>典型零件的加工实例 .....</b>	<b>(246)</b>
9.1	轴类零件的加工 .....	(246)
9.2	箱体零件的加工 .....	(256)
9.3	套筒类零件的加工 .....	(260)
9.4	圆柱齿轮的加工 .....	(266)
	思考题与习题 .....	(271)
<b>第10章</b>	<b>机床夹具的设计原理 .....</b>	<b>(274)</b>
10.1	机床夹具的概述 .....	(274)
10.2	工件在夹具中的定位 .....	(278)
10.3	定位误差的分析与计算 .....	(291)
10.4	工件在夹具中的夹紧 .....	(295)
10.5	专用夹具的设计方法 .....	(301)

10.6	钻床夹具的设计特点	(304)
10.7	镗床夹具设计特点	(310)
10.8	铣床夹具设计特点	(313)
10.9	车床夹具设计特点	(316)
	思考题与习题	(320)
<b>第 11 章</b>	<b>现代制造技术</b>	(323)
11.1	概述	(323)
11.2	成组技术	(325)
11.3	计算机辅助设计与制造技术	(326)
11.4	柔性制造技术	(329)
11.5	现代生产制造系统	(331)
	思考题与习题	(339)
<b>第 12 章</b>	<b>先进制造加工与细微加工技术</b>	(340)
12.1	光整加工与细微加工技术	(340)
12.2	特种加工技术	(345)
	思考题与习题	(356)
<b>第 13 章</b>	<b>表面工程技术</b>	(357)
13.1	概述	(357)
13.2	表面组织和性质	(358)
13.3	摩擦学简介	(362)
	思考题与习题	(370)
<b>第 14 章</b>	<b>机械制造过程自动化</b>	(371)
14.1	机械过程自动化概述	(371)
14.2	自适应控制与工件的传输	(373)
14.3	工业机器人	(374)
14.4	传感器技术	(377)
	思考题与习题	(381)
<b>第 15 章</b>	<b>机械制造技术的发展</b>	(382)
15.1	新型工程材料的应用及制造工艺	(382)
15.2	高速/高效切削加工工艺与装备	(388)
15.3	精密/超精密加工工艺与装备	(391)
15.4	生物制造与仿生机械	(394)
15.5	机械系统和制造过程中的测量技术	(398)
	思考题与习题	(400)
	<b>参考文献</b>	(402)



# 机械制造概论

## 1.1 机械制造及其生产结构

### 1.1.1 机械制造业在国民经济中的地位与任务

在国民经济的各个领域(如工业、农业、交通运输等)和国防建设中,广泛使用着大量的机械设备、仪器仪表和工具等装备。机械制造业就是生产这些装备的行业,它不仅为国民经济和国防建设提供装备,也为人民物质、文化生活提供丰富的产品。机械制造技术就是研究用于制造机械产品的加工原理、工艺过程和方法及相应设备的一门工程技术。

机械制造业是国民经济的基础和支柱,是向其他各部门提供工具、仪器和各种机械设备的技术装备部。

机械制造业的水平体现了国家的综合实力和国际竞争力。发达国家无不具有强大的制造业。全球最大的 100 家跨国公司中,80%都集中在制造领域,当今世界上经济最发达的国家,其机械制造业也是最先进的,竞争力也是最强的。美国约 1/4 人口直接从事制造业,其余人口中又有约半数人员所做的工作与制造业有关。日本由于重视制造业,第二次世界大战后仅用了 30 年时间,就一跃成为世界经济大国。日本出口的产品中,机械产品占 70%以上。美国自 20 世纪 50 年代以后,由于在一段相当长时间内忽视了制造技术的发展,结果导致经济衰退,竞争力下降,出现在家用电器、汽车等行业不敌日本的局面。直至 80 年代初,美国才开始清醒,重新关注制造业的发展,至 1994 年美国汽车产量重新超过日本。

机械制造业是国民经济的支柱产业和持续发展的基础,是工业化、现代化建设的发动机和动力源,是富民强国之本,是提高人均收入的财源,是在国际竞争中取胜的法宝,是国家安全的保障。在国民经济中,机械制造业在国内生产总值(GDP)所占的比重达到 60%以上,机械制造业产品(含机电产品)约占社会物质总产品的 50%左右,而且它对其他产业的感应系数都很大。

我国的工业化进程中,机械制造业始终是推动经济建设、实现跨越发展战略的中坚力量,是科学技术的载体和实现科技进步的主要舞台。没有机械制造业,所谓科学技术的创新就无处体现。

机械制造业的主要任务是为国民经济各个部门的发展提供所需的各类先进、高效、节能的新型机电装备,并努力提高质量,保证交货时间,积极降低成本,将我国机械加工工业提高到新的水平。

### 1.1.2 机械制造生产的组成

从企业的整体结构和系统论的观点出发,典型的机械制造生产可看成是由不同大小、不同规模、不同复杂程度的三个层次的系统组成,这三个系统是机械加工工艺系统、机械制造系统和企业生产系统。任何产品的制造过程和企业的各项生产活动都是在这三类系统支持下进行工作的。

#### 1. 机械加工工艺系统

在机械加工中,工件安装于夹具中,夹具又安装在机床上,刀具则通过刀杆和夹头等与机床连接或直接装在机床上,机床提供刀具与工件的相对运动。因此在机械加工时,机床、刀具、夹具和工件四要素组成一个系统,这个系统称为机械加工工艺系统。机械加工工艺系统包含制造企业中处于最底层的一个个加工单元。

机械加工工艺系统是各个生产车间生产过程中的一个主要组成部分,其整体目标是要求在不同的生产条件下,通过自身的定位装夹机构、运动机构、控制装置以及能量供给等机构,按不同的工艺要求直接将毛坯或原材料加工成形,并保证质量、满足产量和低成本地完成机械加工任务。

现代加工工艺系统一般是由计算机控制的先进自动化加工系统。计算机已成为现代加工工艺系统中不可缺少的组成部分。

#### 2. 机械制造系统

机械制造系统是指将毛坯、刀具、夹具、量具和其他辅助物料作为原材料输入,经过存储、运输、加工、检验等环节,最后输出机械加工的成品或半成品的系统。

机械制造系统既可以是一台单独的加工设备,如普通机床、焊接机、数控机床,也可以是包括多台加工设备、工具和辅助系统(如搬运设备、工业机器人、自动检测机等)的工段或制造单元。一个传统的制造系统通常可以概括成三个组成部分,即机床、工具、制造过程。机械加工工艺系统是机械制造系统的一部分。

#### 3. 企业生产系统

如果以整个机械制造企业为分析研究对象,要实现企业最有效地生产和经营,不仅要考虑原材料、毛坯制造、机械加工、试车、油漆、装配、包装、运输和保管等各种要素,而且还必须考虑技术情报、经营管理、劳动力调配、资源和能源的利用、环境保护、市场动态、经济政策、社会问题等要素,这就构成了一个企业的生产系统。生产系统是物质流、能量流和信息流的集合,它可分为三个阶段,即决策控制阶段、研究开发阶段以及产品制造阶段。

## 1.2 机械制造技术的发展

### 1. 机械制造技术的发展概况

机械制造业是一个历史悠久的产业,它自18世纪初工业革命形成以来,经历了一个漫长的发展过程。17世纪60年代,瓦特改进蒸汽机,标志着第一次工业革命兴起,工业化大生产从此开始。18世纪中期,麦克斯韦尔建立电磁场理论,标志着电气化时代开始。20世纪初,福特汽车生产线、泰勒科学管理方法,标志着以大量生产(mass production)为特征的自动化时代的到来。

第二次世界大战后,计算机、微电子技术、信息技术及软科学的发展,以及市场竞争的加剧和市场需求多样性的趋势,使中小批量生产自动化成为可能,并产生了综合自动化。

机械制造技术的发展主要表现在两个方面:一是精密工程技术,以超精密加工的前沿部分、微细加工、纳米技术为代表,将进入微型机械电子技术和微型机器人的时代;二是机械制造的高度自动化,以计算机集成制造系统(CIMS)和敏捷制造等的进一步发展为代表。

来自于国防工业的需求大大推进了超精密加工技术的发展。武器装备的先进性能在很大程度上取决于超精密加工。飞机、导弹、舰艇等武器系统的核心部件如惯性仪表、精密雷达、超高速小型计算机等,其中许多零件的制造精度要求达到微米级以上。如静电陀螺球支承的真球度为 $0.05\sim 0.5\ \mu\text{m}$ ,尺寸精度为 $0.6\ \mu\text{m}$ ,表面粗糙度 $Ra$ 为 $12\sim 50\ \text{nm}$ ;导弹红外探测器内表面精度要求为 $5\ \mu\text{m}$ ,表面粗糙度 $Ra$ 为 $20\sim 10\ \text{nm}$ 。这样高的加工精度只有采用高水平的超精密加工技术才能实现。超精密加工技术一直是国防尖端技术,但在所有产业都有巨大的应用价值。发达国家把超精密加工技术视为国防和经济的命脉,严格限制向其他国家转让这类技术。超精密加工的加工精度在2000年已达到纳米级,在21世纪初开发的分子束生产技术、离子注入技术和材料合成、扫描隧道工程(STE)可使加工精度达到 $3\sim 1\ \text{nm}$ 。现在精密工程正向其终极目标——原子级精度的加工逼近,也就是说,可以实现移动原子级别的加工。

目前,机械加工设备正向着高精、高速、多能、复合、控制智能化、安全环保等方向发展,在结构布局上也已突破了传统机床原有的格式。日本Mazak公司在产品综合样本中展示出一种未来机床,其外形犹如太空飞行器,加工过程中噪声、油污、粉尘等将不再给环境带来危害。

### 2. 我国制造技术的发展历程

我国的机械制造技术的发展经历了漫长而又艰辛的过程。

早在春秋时期(公元前770—前476),我国已用铸铁制作农具,比欧洲国家早一千多年。至于青铜的应用,历史更加久远,1939年在河南安阳武官村出土的司母戊大方鼎,是商代的大型铜铸件之一,鼎重 $832.84\ \text{kg}$ ,其造型、纹饰、工艺均达到极高



水平。战国时期(公元前 475—前 221),中国发明了“自然钢”的冶炼法,有了更高的制剑技术,制剑长度达 1 m 以上,说明那时已有了冶铁、锻造、锻焊和热处理等技术。锡焊和银焊在唐朝已经得到应用,而欧洲则直到 17 世纪才出现这种技术。到了 8 世纪,有了手工操作的车床。在明朝有了很多简单的切削加工设备,如铣床、刨床、钻床和磨床等。清初(1688 年),曾用马作动力,使用直径近两丈的嵌片铣刀铣削天文仪的大铜环。

从商周、春秋战国到唐、宋、元、明时期,几千年来,我国的冶炼技术和机械制造工艺均走在世界前列。但在鸦片战争以后,帝国主义列强的侵略,使中国变成一个半殖民地半封建的社会,经济命脉为帝国主义所操纵,加上国内反动统治阶级的腐败,科学技术水平和机械制造技术越来越落后。

新中国成立后,机械制造业从无到有迅速发展,建立了拖拉机、汽车、船舶、航空航天、重型机械、精密机床、精密仪器仪表、特种加工等许多现代工业,促进了国民经济的发展。特别是改革开放以来,中国的制造业得到了迅猛发展。目前,我国制造业增加值已超过美国、日本和德国,位居世界第一位,我国装备制造业的年均增速约为 17.6%,几十种产品产量居世界第一位,并研发制造出了激光照排、数字程控交换机、卫星及运载工具、正负电子对撞机等为代表的一系列先进装备。中国歼 10 战斗机升空、神舟十号飞船壮美飞天等事实,都不仅证明了中国的科技和经济实力,也在一定程度上反映了较强的机械制造技术水平。

### 3. 我国制造技术存在的差距

与工业发达国家相比,我国的制造技术水平仍然存在一个阶段性的、整体上的差距。主要表现在以下几方面:

(1) 管理方面 工业发达国家广泛采用计算机管理,重视组织和管理体制、生产模式的更新发展,推出了准时生产(JIT)、敏捷制造(AM)、精益生产(LP)、并行工程(CE)等新的管理思想和技术,而我国只有少数大型企业局部采用了计算机辅助管理,多数小型企业仍处于经验管理阶段。

(2) 设计方面 工业发达国家不断更新设计数据和准则,采用新的设计方法,广泛采用计算机辅助设计和制造技术(CAD/CAM),大型企业开始进行无图纸的设计和生,而我国采用 CAD/CAM 技术的比例较低。

(3) 制造工艺方面 工业发达国家较广泛地采用高精密加工、精细加工、微细加工、微型机械和微米/纳米技术、激光加工技术、电磁加工技术、超塑加工技术以及复合加工技术等新型加工方法,而我国普及率不高,尚在开发、掌握之中。

(4) 自动化技术方面 工业发达国家普遍采用数控机床、加工中心及柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS),实现了柔性自动化、知识智能化、集成化,而我国尚处在单机自动化、刚性自动化阶段,柔性制造单元和系统仅在少数企业使用。

#### 4. 机械制造技术的发展趋势

随着技术、经济、信息、营销的全球化,纵观 21 世纪的制造业的发展趋势,可用“三化”,即全球化、虚拟化和绿色化来概括。

(1) 全球化 网络通信技术的迅速发展和普及,给企业的生产和经营活动带来了革命性的变革。产品设计、物料选择、零件制造、市场开拓与产品销售都可以异地或跨越国界进行,实现制造的全球化。其次是集成化与标准化。异地制造实际上是实现产品信息集成、功能集成、过程集成和企业集成。实现集成的基础与关键是标准化,可以说没有标准化就没有全球化。

(2) 虚拟化 虚拟化是指设计过程中的虚拟技术和制造过程中的虚拟技术。虚拟化可以加快产品的开发速度和减少开发的风险。虚拟化的核心是计算机仿真。通过仿真软件来模拟真实系统,以保证产品设计和产品工艺的合理性,保证产品制造的成功和生产周期,发现设计、生产中不可避免的缺陷和错误。虚拟化软件有可能形成 21 世纪强大的软件产业。

(3) 绿色化 已经颁布实施的 ISO 9000 系列国际质量标准和 ISO 14000 国际环保标准为制造业提出了一个新的课题,就是快速实现制造的绿色化。绿色制造则通过绿色生产过程(绿色设计、绿色材料、绿色设备、绿色工艺、绿色包装、绿色管理)生产出绿色产品,产品使用完以后再通过绿色处理加以回收利用。采用绿色制造能最大限度地减少制造对环境的负面影响,同时原材料和能源的利用效率能达到最高。如何最合理、最有效地利用资源和最大限度地控制环境污染,降低碳的排放,是摆在制造企业面前的一个重大课题。绿色制造实质上是人类社会可持续发展战略在现代制造业中的体现,也是未来制造业自动化系统必须考虑的重要问题。

### 1.3 机械制造技术的特点

现代科学技术的进步,特别是微电子技术和计算机技术的发展,使机械制造这个传统工业焕发出新的活力,增加了新的内涵,机械制造业无论在加工自动化方面,还是在生产组织、制造精度、制造工艺方法方面,都发生了令人瞩目的变化。这就是现代制造技术。

近几年来,数控机床和自动换刀各种加工中心机床已成为当今机床的发展趋势。在机床数控化过程中,机械部件的成本在机床系统中所占的比重不断下降,模块化、通用化和标准化的数控软件,用户可以很方便地达到加工目的。同时,机床结构也发生了根本变化。随着加工设备的不断完善,机械加工工艺也在不断地变革,从而导致机械制造精度不断提高。

近年来新材料不断出现,材料的品种猛增,其强度、硬度、耐热性等不断提高。新材料的迅猛发展对机械加工提出新的挑战。一方面迫使普通机械加工方法要改变刀具材料,改进所用设备,另一方面对于高强度材料、特硬、特脆和其他特殊性能材料的加工,要求应用更多的物理、化学、材料科学的现代知识来开发新的制造技术。由此

出现了很多特种加工方法,如电火花加工、电解加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工以及激光加工等。这些加工方法,突破了传统的金属切削方法,使机械制造业出现了新的面貌。

机械制造技术的特点如下:①机械制造是一个系统工程;②设计与工艺一体化;③精密加工是机械制造的前沿和关键。精密加工和超精密加工技术是衡量现代制造技术水平的重要指标之一,代表了当前机械制造技术在精度方面的极限。

## 思考题与习题

- 1.1 简述机械制造业在国民经济中的地位。为什么说机械制造业是国民经济建设中各行各业的装备部?
- 1.2 何谓机械加工工艺系统?何谓机械制造系统?
- 1.3 与世界上的发达国家相比,我国在机械制造技术方面还存在哪些差距?
- 1.4 当前世界上的机械制造业有哪些发展趋势?