

普通高等院校“十二五”规划教材

普通高等院校“十一五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材



顾问 杨叔子 李培根

先进制造技术

XIANJIN ZHIZAO JISHU

(第二版)

任小中 主 编

宾鸿赞 主 审



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

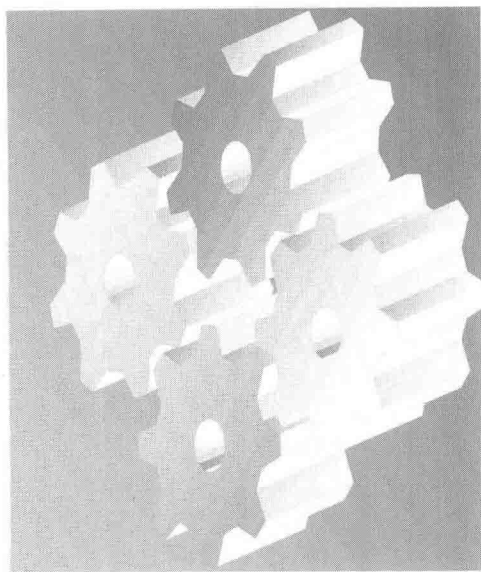


普通高等院校“十二五”规划教材
普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材

顾问 杨叔子 李培根

先进制造技术

(第二版)



主 编 任小中
副主编 何国旗 吴斌方
编 委 苏建新 李晓冬
贾晨辉 韩彦军
主 审 宾鸿赞



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书是普通高等院校“十二五”规划教材,也是面向应用型大学机械学科本科专业的立体化精品系列教材之一。

本书是在综合国内外最新研究成果和相关参考文献的基础上,结合作者在先进制造技术领域多年的教学和科研实践编写而成的。从科学思维、学科综合和技术集成的角度,本书系统介绍了各种先进制造技术的理念、基本内容、关键技术和最新成果,旨在使读者了解国内外先进制造前沿技术,拓宽知识面,掌握先进制造技术的理念和方法,培养科学思维、科技创新和工程实践的能力。全书共6章,内容包括先进制造技术概论、先进工程设计技术、先进制造工艺、制造自动化技术、先进生产管理技术和先进制造模式,各章后均附有一定量的思考题与习题。

本书内容广泛、综合性强、体系新颖,既可作为高等院校机械工程、工业工程、管理工程、车辆工程等各类与制造技术有关的学科及专业的本科生和研究生教材或参考书,也可作为高等职业学校、成人高校相关专业的教材或参考书,并可供制造业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术(第二版)/任小中 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.2
ISBN 978-7-5609-8586-2

I. 先… II. 任… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 290648 号

先进制造技术(第二版)

任小中 主编

策划编辑:俞道凯

责任编辑:姚同梅

封面设计:李 嫒

责任校对:朱 霞

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)81321915

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:17.75 插页:2

字 数:348千字

版 次:2013年2月第2版第1次印刷

定 价:35.00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

普通高等院校“十二五”规划教材

普通高等院校“十一五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材

编审委员会

顾 问: 杨叔子 华中科技大学

李培根 华中科技大学

总主编: 吴昌林 华中科技大学

委 员: (按姓氏拼音顺序排列)

崔洪斌 河北科技大学

冯 浩 景德镇陶瓷学院

高为国 湖南工程学院

郭钟宁 广东工业大学

韩建海 河南科技大学

孔建益 武汉科技大学

李光布 上海师范大学

李 军 重庆交通大学

黎秋萍 华中科技大学出版社

刘成俊 重庆科技学院

柳舟通 湖北理工学院

卢道华 江苏科技大学

鲁屏宇 江南大学

梅顺齐 武汉纺织大学

孟 达 河南工业大学

芮执元 兰州理工大学

汪建新 内蒙古科技大学

王生泽 东华大学

闫占辉 长春工程学院

杨振中 华北水利水电学院

尹明富 天津工业大学

张 华 南昌大学

张建钢 武汉纺织大学

赵大兴 湖北工业大学

赵天婵 江汉大学

赵雪松 安徽工程大学

郑清春 天津理工大学

周广林 黑龙江科技学院

序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育而跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来许多普通院校采用规划教材就十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循、有规可依、有鉴可借、有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个应用型机械专业,在全国高校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程的教材编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化决不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。“和而不同”,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设,特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士
教育部高等学校机械学科指导委员会主任

杨红子

2006.1

第二版前言

本书是一本综合性强、内容新颖、覆盖范围广的先进制造技术教材。自第一版出版以来,已被全国十几所院校选用,深受任课教师、学生以及其他读者的欢迎。许多教师和读者也通过各种途径给我们提出了一些宝贵的意见和建议,在此,向热心支持和帮助我们的兄弟院校的教师和读者表示衷心感谢。

要保持“先进制造技术”课程教材的先进性,就必须与时俱进,不断更新、扩展其内容。根据一些读者的建议,结合近几年的教学实践,我们对本书的第一版进行了修订。此次修订仍延用第一版教材的体系架构,章节名称未变,以保持其原有特色。主要对第1章和第5章进行了较大的修订,增加了一些新的内容,删除了过时或不合适的内容。其余各章内容主要从文字上作了必要的修订。此外,根据现实情况对某些数据进行了更新。

本书修订工作是由第一版教材的主要作者完成的。具体分工为:第1章由任小中修订;第2章由苏建新(主要执笔人)、任小中修订;第3章由任小中(主要执笔人)、李晓冬修订;第4章由贾晨辉(主要执笔人)、吴斌方修订;第5章由韩彦军修订;第6章由何国旗(主要执笔人)、贾晨辉修订。全书由任小中教授担任主编并统稿。

在本书修订过程中参阅了同行专家、学者的著作和文献资料,在此表示诚挚的谢意。

本书承蒙华中科技大学宾鸿赞教授主审。在审阅过程中,宾教授提出了很多珍贵的建议和意见,在此表示由衷的感谢。

由于先进制造技术是一门处于不断发展中的综合性交叉学科,涉及的学科多、知识面广,非编者等少数几个人的知识、能力所能覆盖,加之编者所及资料 and 水平有限,不妥之处在所难免,恳请广大师生与读者不吝赐教。

编 者
2013年1月

第一版前言

制造业是国民经济的支柱产业和经济增长的发动机,是高新技术产业化的基本载体,是社会可持续发展的基石,是国家安全的重要保障。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,是制造业的技术支撑和可持续性发展的根本动力。当前,在经济全球化的进程中,制造技术不断汲取计算机、信息、自动化、材料、生物及现代管理技术的研究与应用成果并与之融合,使传统意义上的制造技术有了质的飞跃,形成了先进制造技术的新体系,有利于从总体上提升制造企业对动态和不可预测市场环境的适应能力和竞争能力,实现优质、高效、低耗、敏捷和绿色制造。因此,我国制造业要想在激烈的国际市场竞争中求得生存和发展,必须掌握和科学运用最先进的制造技术,这就要求培养一大批满足制造业发展需要、掌握先进制造技术、具有科学思维和创新意识以及工程实践能力的高素质专业人才。

为了拓宽学生的知识面,掌握先进制造技术的理念和内涵,了解先进制造技术的最新发展,培养学生的创新思维与工程实践能力,促进先进制造技术在我国的研究和应用,全国众多工科院校纷纷开设了“先进制造技术”必修或选修课程。本书是多位编者在各自教学和研究的基础上共同编写完成的。全书共分6章。第1章先进制造技术概论,概述了制造业与制造技术的发展,介绍了先进制造技术的内涵、特征、体系结构及分类;第2章先进工程设计技术,主要介绍了计算机辅助设计技术、模块化设计、逆向工程以及其他一些先进设计方法;第3章先进制造工艺,在总体概括先进制造工艺内容的基础上,主要介绍了超精密加工技术、微细/纳米加工技术、高速加工技术、现代特种加工技术、快速原型制造技术、绿色制造技术等,这些都是先进制造技术的核心技术;第4章制造自动化技术,在概述制造自动化的发展历程和趋势的基础上,介绍了现代数控加工技术、工业机器人技术、柔性制造技术和自动检测与监控技术;第5章先进生产管理技术,主要介绍了先进生产管理信息系统、产品数据管理技术、准时制生产技术等;第6章先进制造模式,概述了制造模式的发展和先进制造模式的类型,主要介绍了计算机集成制造系统、并行工程、精益生产、敏捷制造、虚拟制造、智能制造等几种先进制造的理念和模式。

本书是普通高等院校“十一五”规划教材和机械类精品教材,具有以下几个特色。
①内容全面,综合性强。囊括了先进工程设计技术、先进制造工艺、制造自动化技术、先进生产管理技术和先进制造模式等各种先进制造技术的主要方面。
②体系新颖,启迪性强。每章均以“引入案例”开头,引人入胜,章后设置有“本章重点、难点以及知识拓展”板块,并附有一定量的习题,有助于学生抓住重点、深化学习。
③重点突出,详略得当。先进工程

设计技术、先进制造工艺和制造自动化技术一起构成先进制造技术的主体,先进生产管理技术和先进制造模式是先进制造技术的软环境,而先进制造工艺技术又是先进制造技术的核心。④在突出技术“先进性”的同时,更注重其在工程上的应用。本书介绍了国内外机械工程领域进行科学研究的制造技术,并汇集了编者在多年科研工作中的实践成果。⑤注重介绍先进制造的理念和科学方法,培养学生的科学思维和技术创新能力。

本书是在任小中教授为本科生开设的“先进制造技术”和为硕士研究生开设的“先进制造工程”讲义的基础上,联合多所高等院校中任教该门课程的教师,经过认真讨论、确定编写大纲后共同编写完成的。全书由河南科技大学任小中担任主编并统稿,湖南工业大学何国旗、湖北工业大学吴斌方任副主编。参加编写的还有长春工程学院李晓冬,石家庄铁道学院韩彦军,南京工程学院葛英飞,安徽工程科技学院于华,成都理工大学孙未,河南工业大学陈兴州,河南科技大学贾晨辉、苏建新、段明德、杨晓英等老师。具体编写分工是:任小中编写前言、第1章、第2章的2.1节~2.5节、第3章的3.7节以及各章的“引入案例”和“本章重点、难点以及知识拓展”;何国旗编写第6章的6.2节~6.5节;吴斌方编写第4章的4.1节和4.2节;贾晨辉编写第4章的4.3节~4.5节、第6章的6.6节和6.7节;韩彦军编写第5章的5.1节~5.3节;李晓冬编写第3章的3.4节~3.6节;葛英飞编写第3章的3.2节和3.3节;苏建新编写第2章的2.6节;孙未编写第3章的3.1节;陈兴州编写第5章的5.4节;于华编写第6章的6.1节;段明德、杨晓英等老师参与了本书编写大纲的制订以及部分章节的审校工作。

在编写本书的过程中,得到了多所高等院校老师的鼎力协助,以及华中科技大学出版社的大力支持和帮助,在此谨向有关人士表示诚挚的谢意。

本书承蒙华中科技大学宾鸿赞教授主审,在审阅过程中,宾鸿赞教授提出了很多珍贵的建议和意见,在此表示由衷的感谢。

由于先进制造技术是一门处于不断发展中的综合性交叉学科,涉及的学科多、知识面广,非编者等少数几个人的知识、能力所能覆盖,加之资料和编者水平有限,不妥之处在所难免,恳请广大师生与读者不吝赐教。

编 者
2009年2月

目 录

第 1 章 先进制造技术概论	(1)
1.1 制造与制造技术	(1)
1.2 先进制造技术的提出	(7)
1.3 先进制造技术的体系结构和分类	(9)
1.4 先进制造技术的发展趋势	(13)
本章重点、难点和知识拓展	(16)
思考题与习题	(16)
第 2 章 先进设计技术	(17)
2.1 先进设计技术概述	(17)
2.2 计算机辅助设计技术	(20)
2.3 计算机辅助工艺规程设计	(24)
2.4 模块化设计	(33)
2.5 逆向工程	(40)
2.6 其他先进设计方法	(50)
本章重点、难点和知识拓展	(69)
思考题与习题	(69)
第 3 章 先进制造工艺	(70)
3.1 先进制造工艺的发展及其内容	(70)
3.2 超精密加工	(72)
3.3 微细/纳米加工技术	(86)
3.4 高速加工技术	(93)
3.5 现代特种加工技术	(98)
3.6 快速原型制造技术	(112)
3.7 绿色制造技术	(122)
本章重点、难点和知识拓展	(143)
思考题与习题	(144)
第 4 章 制造自动化技术	(145)
4.1 制造自动化技术概述	(145)

4.2 现代数控加工技术	(148)
4.3 工业机器人技术	(160)
4.4 柔性制造技术	(170)
4.5 自动检测与监控技术	(185)
本章重点、难点和知识拓展	(194)
思考题与习题	(194)
第5章 先进生产管理技术	(196)
5.1 先进生产管理技术概述	(196)
5.2 先进生产管理信息系统	(197)
5.3 产品数据管理技术	(214)
5.4 准时制生产技术	(221)
本章重点、难点和知识拓展	(226)
思考题与习题	(227)
第6章 先进制造模式	(228)
6.1 先进制造模式的概念	(228)
6.2 计算机集成制造系统	(234)
6.3 并行工程	(240)
6.4 精益生产	(247)
6.5 敏捷制造	(252)
6.6 虚拟制造	(261)
6.7 智能制造	(266)
本章重点、难点和知识拓展	(270)
思考题与习题	(270)
参考文献	(272)

第 1 章 先进制造技术概论

众所周知,半导体、晶体管是美国发明的,由此兴起的微电子工业也可以说纯粹是美国的首创工业。然而在 20 世纪 70—80 年代中不到十年的时间里,其半导体的市场份额由 60% 降到了 40%,消费电子产品则几乎全军覆没。电视机仅有 15% 的国内市场,其余全部被日本占领。汽车的大批量生产方式源自美国,汽车工业也成为美国最庞大的产业。1955 年,美国进口汽车仅占其汽车市场的 1%;到了 1987 年,美国进口汽车的百分比上升到 31%;1989 年,美国汽车世界市场占有率从 75% 下降到 25%。这时,美国政府开始认识到问题的严重性,花费数百万美元,组织大量专家、学者进行调查研究。调查结果表明:“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”,“经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”。1988 年,美国政府开始投资进行大规模“21 世纪制造企业战略”研究,制定并实施了先进制造技术计划(APT)和制造技术中心计划(MTC),取得了显著的效果。到 1994 年,美国汽车产量重新超过了日本,并重新占领欧美市场。美国的半导体工业,特别是芯片制造业也取得了迅猛发展。

1.1 制造与制造技术

1.1.1 制造技术的演进

1. 制造的含义

制造(manufacturing)一词来源于拉丁语词根 manu(手)和 facere(做)。这说明,几百年来,制造一直是靠手工完成的。自第一次工业革命以来,手工劳动逐渐被机器生产所代替。制造的含义有广义和狭义之分。狭义制造仅指生产车间与物流有关的加工和装配过程,而广义制造不仅包括具体的工艺过程,还包括市场分析、产品设计、质量控制、生产过程管理、营销、售后服务直至产品报废处理等在内的整个产品寿命周期的全过程。国际生产工程学会(CIRP)1983 年将制造定义为:制造是制造企业中涉及产品设计、物料选择、生产计划、生产、质量保证、经营管理、市场营销和服务等一系列相关活动和工作的总称。目前,广义制造已为越来越多的人所接受。

制造的功能是通过制造工艺过程、物料流动过程和信息流动过程来实现。制造工艺过程指直接改变被制造对象的形状、尺寸、性能的行为活动。物料流动过程指被制造对象在制造过程中的运输、存储、装夹等活动。信息流动过程指被制造对象在制造过程中的信息获取、分析处理、监控等活动。

· 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。人类科学技术的每次革命必然引起制造技术的不断发展。自 18 世纪以来,制造技术的发展经历了以下五个发展时期。

(1) 工场式生产时期(18 世纪 70 年代) 蒸汽机和纺纱机的诞生引发了第一次工业革命,生产方式从手工作坊式生产转变为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。

(2) 工业化规模生产时期(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,人类进入了电气化时代。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,呈现出批量生产、工业化规范生产的新局面。与此同时,互换性原理和公差制度应运而生,使制造业发生了重大变革。

(3) 刚性自动化发展时期(20 世纪初期) 内燃机的发明引发了制造业的又一次革命,流水生产线和泰勒式科学管理方法得到应用。福特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规模生产方式,使汽车的价格在几年内降低到原价格的 1/8,汽车由此得以进入普通家庭。

(4) 柔性自动化发展时期(20 世纪中期) 计算机、微电子、信息和自动化技术有了迅速的发展,逐步形成了数控(numerical control, NC)、计算机数控(computer numerical control, CNC)、柔性制造单元(flexible manufacturing cell, FMC)、柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)、计算机辅助设计与制造(computer aided design/computer aided manufacturing, CAD/CAM)等先进的制造单元技术和全面质量管理(total quality management, TQM)、准时生产(just in time, JIT)等科学的管理理念和方法,为单一产品大批量刚性自动化生产向多品种小批量柔性自动化生产方向发展提供了技术基础。

(5) 综合自动化发展时期(20 世纪 80 年代后) 一方面,市场环境发生了新的变化,消费者的需求日趋多样化和个性化,市场竞争日趋激烈;另一方面,科学技术的发展也进入了一个日新月异的时代,电子信息技术和自动化技术发展迅猛。制造理念、制造技术和制造装备也迎来了新的发展时期,出现了物流需求规划(material requirement planning, MRP)、制造资源规划(manufacturing resources planning, MRP II)、企业资源规划(enterprise resource planning, ERP)等管理模式和方法;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(computer integrated manufacturing system, CIMS)、并行工程(concurrent engineering,

CE)以及精益生产(clean production,LP)得到应用和推广。20 世纪 90 年代以来,以互联网技术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,已成为企业赢得市场竞争的关键,于是许多先进的制造模式,如敏捷制造(agile manufacturing,AM)、虚拟制造(virtual manufacturing,VM)、智能制造(intelligent manufacturing,IM)和绿色制造(green manufacturing,GM)等相继出现。与此同时,支持新的制造模式的精密成形技术与装备、快速原型技术与系统、少无切削技术与装备、激光加工技术与装备等也进入了一个空前发展的阶段。

1.1.2 制造业的发展与作用

1. 制造业的发展历程

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。社会的进步和发展离不开制造业的革新和发展。

在古代,人们利用原始工具(如石刀、石斧、石锤等)进行有组织的石料开采和加工,形成了原始制造业。到了五千多年前青铜器和之后的铁器时代,制造以手工作坊的形式出现,人们主要是利用人力进行纺织、冶炼、铸造各种农耕器具等原始制造活动。

近代制造业始于 18 世纪下半叶,蒸汽机的问世使得机械技术与蒸汽动力技术结合起来,由此出现了火车、轮船和由动力驱动的纺织机械以及金属切削机床等,如图 1-1 所示为 1764 年英国织布工哈格里夫斯发明的手摇纺纱机——珍妮纺纱机,图 1-2 所示为 1797 年英国的莫兹利制造的第一台螺纹车床。在 19 世纪末之前,制造业的总体水平仍然很低。20 世纪上半叶,制造业进入了以兵器工业和汽车制造工业为代表的大批量生产时代,产品制造先是采用机群式生产线,进而采用刚性的流水线作业,生产效率高,但产品适应能力差。这种大批量生产方式一直延续到 20 世纪 60 年代,刚性大规模生产是这一时期典型的制造模式。

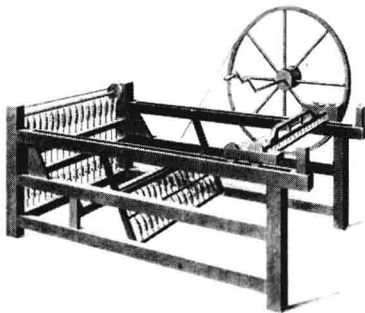


图 1-1 珍妮纺纱机

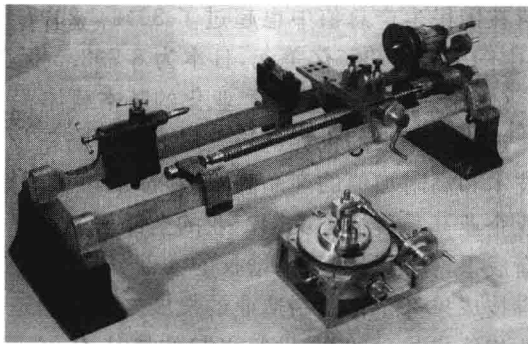


图 1-2 第一台螺纹车床

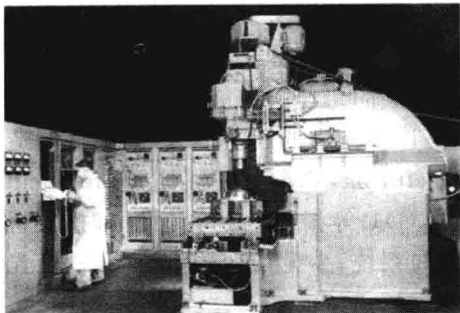


图 1-3 1952 年美国制造的数控机床

1952 年世界上第一台数控机床(见图 1-3)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实现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,随之又出现了由一台中央计算机控制若干台计算机数控机床的计算机直接数控,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 年代后,基于先进的计算机技术和自动化技术,出现了各种先进的单元制造技术,柔性制造单元、柔

性制造系统等得到发展,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。20 世纪 90 年代,信息技术尤其是网络技术的飞速发展及其与制造技术的融合,加快了全球经济一体化的进程,快速响应瞬息万变的市场需求已成为制造业赢得市场竞争的关键。围绕这一目标,相继出现了并行工程、敏捷制造、虚拟企业等设计工程技术,以及关于企业管理体制的新概念和新哲理。

2. 制造业在国民经济中的地位和作用

制造业在工业化过程中起着主导作用,不能被其他任何产业所代替,农业和国防现代化离不开制造业的发展,科学技术现代化同样离不开制造业的发展。制造业在国民经济中起着重要的作用,其发展对一个国家的经济、社会及文化的影响十分巨大和深远。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。许多国家经济腾飞,制造业功不可没。

(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。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。中国制造业创造的产值在国民生产总值中也超过了 30%。2007 年的制造业增加值,美国为 16 157.8 亿美元,中国为 10 972.7 亿美元,日本为 8 793.5 亿美元。

(2) 制造业是高技术产业化的基本载体。

近十几年来的世界经济发展表现为高新技术的迅猛发展和高新技术产业的兴起。高新技术和高附加值的产品和服务,都依赖于健康的、具有活力的制造业。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成果,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在制造业的发展之中。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。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生产力的,其直接结果是促使诸如集成电

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渠道。

在工业国家中,约有 1/4 的人口从事各种形式的制造活动。尽管发达国家近几年受经济危机的冲击,制造业从业人数已呈减少趋势,但我国在最近几十年内,制造业从业人数呈增加的趋势不会改变,预计到 2050 年将会增加至 1.7 亿人。

(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速度近两倍,同时,国际贸易结构和比价也在发生着深刻的变化。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,以提高国际市场的竞争力。美、英、法、德、日以及韩国、新加坡等国家的制成品出口占全部出口比重的 90% 以上。2006 年,我国机械工业对外贸易结束新中国成立以来持续数十年的外贸逆差,首次实现了外贸顺差。2007 年我国对外贸易总额全球排名由第三位上升到第二位,超过德国。

(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,一个国家不仅不会有军事和政治上的安全,而且经济和文化上的安全也会受到威胁。

1.1.3 我国制造业的成就和现状

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。2011 年,我国规模以上高技术制造业总产值已达到 9.2 万亿元,比 2006 年翻了一番,产业规模居世界第二位。

(2) 提供重大成套装备的能力不断提高,已建立了一个比较完整的工业体系。

例如,为上海磁悬浮列车项目提供了由 8 台数控落地镗铣床组成的轨道深加工自动线,年产 10 000 000~20 000 000 t 级利用不同开采工艺的露天矿采掘和年产 5 000 000 t 级井下矿采掘的成套设备,华能沁北电厂 600 MW 超临界火电站成套设备,长江三峡水电站额定容量为 700 MW 的水电机组单机,300 MW 秦山核电站成套设备,500 kV 交流输变电成套设备,35 000 t 级浅吃水和 12 000 t 级超浅吃水运煤船,宝钢三期工程 250 t 氧气转炉、1 450 mm 板坯连铸机和 1 550 mm 冷连轧板机,12 000 t 自由锻造水压机,年产 500 000 t 腈纶大型化工成套设备,6 000 m 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,主战坦克,“新舟 60”新一代支线客机,核动力潜艇,两弹一星等。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“嫦娥一号”卫星,“天宫一号”目标飞行器,神舟9号载人飞船,下潜深度突破7 000 m的“蛟龙号”载人潜水器等,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了鳌头,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我国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,我国已成为世界制造大国,已成为继英、美、日后的又一个“世界工厂”。但是,制造大国并非意味着就是制造强国。制造强国有六大标志:① 具备强大的产品自主开发能力和技术创新能力,拥有大批具有自主知识产权的重要产品和国际领先的重要制造技术,拥有众多国际知名品牌;② 拥有一批具有国际竞争力的制造企业及强大的营销网络,拥有一批具有工程总承包能力的设计和工程公司;③ 拥有一支具有国际竞争力的工程技术经营管理和技术工人队伍,具有卓有成效的人才培训体系;④ 具有国际先进水平的技术标准和法规体系,并在一些重要领域推动国际标准的制定及其全球应用;⑤ 具有若干在国际上知名、各具特色的制造业聚集地或制造中心;⑥ 依托强大的装备制造业,能够及时提供各行业所必需的保证技术,具有富国际竞争力的先进装备。相比之下,我国与制造强国的差距还很大。

2. 我国制造业存在的问题

(1) 制造业的劳动生产率过低。人均劳动生产率约为美国的4.38%、日本的4.37%和德国的5.56%。

(2) 制造业能耗高、物耗高、排放高。2007年,我国国内生产总值(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。

(3) 自主创新能力薄弱,制造业处于全球产业链的低端。在许多高端产品领域未能掌握核心技术,对外依存度高。如光纤制造设备的100%,集成电路芯片制造设备的85%,90%的高端数控机床,95%的高端数控系统、机器人等均依赖进口,而且还不能生产大型民用飞机和深水海洋石油设备。

(4) 关键零部件发展滞后,主机面临“空壳化”,发展受到严重制约。制造业的高端主机和成套设备所需要的关键零部件及其配套设备大量依赖进口;海洋工程装备的大多数配套装置依赖进口;为高端数控机床配套的高级功能部件70%需要进口;大型工程机械所需30MPa以上的液压元件全部需要进口;占核电机组设备投资1/4的泵阀主要依赖