



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

双语教学教材



ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY

先进制造技术

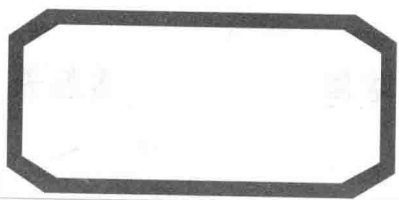
(英文版·第四版)

■ 唐一平 主编



科学出版社

“十二五”



级规划教材

先进制造技术

Advanced Manufacturing Technology

(英文版·第四版)

主 编 唐一平

副主编 洪 军 赵万华

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书为英文版教材,是从近年来国外出版的 20 多本英文原版专著和教材中摘录、筛选后编辑而成的。

全书共分为三部分:第一部分介绍了计算机在制造业中的作用,并对因特网的诞生、历史沿革和结构作了初步介绍;第二部分主要介绍 CAD/CAM、数控加工、柔性制造系统、计算机集成制造系统和高速切削加工;第三部分是全书的重点,系统介绍了近年来先进制造技术的几个主要内容——敏捷制造、增材制造、基于环境意识的设计与制造、纳米技术和微纳制造,以及生物制造等。为便于读者学习,在本书的每一章末都对一些疑难句子作了详细注释,并在书后附有总词汇表。

本书可作为机械制造及自动化、现代设计、仪器仪表、工业工程与管理、环境工程以及半导体器件制造等专业的高年级本科生的双语教材,也可用作其他相关专业人员的现代制造技术英文培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术=Advanced Manufacturing Technology: 英文版/唐一平主编.
—4 版. —北京: 科学出版社, 2017.1

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-03-051390-8

I. ①先… II. ①唐… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材—英文

IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017) 第 000337 号

责任编辑: 朱晓颖 / 责任校对: 桂伟利
责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 迷底书装

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>

保定市中国画美凯印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 1 月第 四 版 印张: 19 1/2

2017 年 1 月第 十九 次印刷 字数: 462 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

版权所有, 盗版必究

举报电话: 010-64034315; 010-64010630

第四版前言

《先进制造技术》(英文版)第三版自 2011 年 10 月出版发行以来,已被 30 多所高校采用作为机械类高年级本科生的双语教材。该书入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,并于 2014 年 11 月由科学出版社授权英国 Alpha Science International Limited 出版商在欧洲大陆发行。

此次修订改版是应对中国政府实施制造强国战略第一个十年行动纲领《中国制造 2025》,进一步拓宽、更新、提升教材内容,以满足新形势下制造企业对相关专业的高校毕业生的知识结构需要而提出的。修订过程中广泛汲取了多所高校本课程授课教师的意见和建议,特别重视将最近几年制造领域最新成果引入新版教材。尤其在“万维网在制造中的作用”“高速切削加工”“三维打印”“环境保护”“微纳制造”等章节增添了不少新内容,同时删去了原书中部分已经陈旧的知识,改动量较大。

另外,对书末所附的总词汇表也做了相应修订,新增词汇 90 个。

特此说明。

注:读者扫描每章(除第 7、9、11 章外)的二维码可查看相关的视频材料。

使用本教材的任课教师可直接与编者联系(yptang@mail.xjtu.edu.cn, 029-82665571),索取本书的参考译文和电子课件。

编 者

2016 年 10 月

第三版前言

《先进制造技术》(英文版)第二版自 2007 年 1 月出版发行以来,已被 20 多所高校用作双语教材,发行量达 23500 册。2009 年,该书曾作为国务院新闻办“中国图书对外推广计划”(“走出去”工程)由英国著名出版商 Paths International Ltd.推荐批准在欧美市场发行。

十年前编写双语教材的初衷是反映制造业先进技术的发展趋势和近年来的部分科研成果、开拓学生的眼界,帮助他们熟练地阅读本专业科技文献。一本优秀的教材,特别是应用科学教材,更应紧跟形势、不断更新扩展内容,使读者不断从中汲取新鲜的专业知识。制造业是一个国家国民经济的支柱产业,近年来的发展更是日新月异。面对这种形势,并根据部分授课教师的建议,编者对第二版教材进行了如下修订:在第 1 部分中增加了“The Role of the World Wide Web in Manufacturing”(万维网在制造业中的作用);在第 2 部分中删去了“Intelligent Manufacturing”(智能制造),增加了“High Speed Cutting”(高速切削加工);特别是在第 3 部分中增加具有前瞻性和趣味性的“Biofabrication”(生物制造),目前这部分内容在国内其他同类教材中尚未体现(考虑到该部分内容涉及许多机械专业学生不甚熟悉的生物医学词汇,故在文中关键词汇处采用了中文标注,特此说明)。

全书共新增单词 190 个。

使用本教材的任课教师可直接与编者联系(yptang@mail.xjtu.edu.cn, 029-82665571),索取本书的参考译文和电子课件。

编 者

2011 年 10 月

第二版前言

《先进制造技术》(英文版)自从 2000 年秋问世以来,已先后被西安交通大学、重庆大学、吉林大学、陕西科技大学、江苏大学等十余所高校采用作为面向 21 世纪双语教学用书。大家普遍反映良好,认为该教材内容涵盖面广、信息集成度高,反映了制造业先进技术发展趋势和近年来的部分尖端成果,对拓宽机电类工科学生的眼界、帮助他们阅读本专业英文科技文献有很大的促进作用。当然,也有不少专家学者对该书提出了一些宝贵的修改意见和建议。

目前,制造技术已从自动化、集成化走向数字化、信息化、全球化,从传统工业领域进一步渗透到新兴产业,如 IT、生物制造和微纳制造。特别是我国正在成为世界的制造工厂,各行业对从事制造科学的技术人才需求越来越迫切。考虑到五年来制造科学与技术的发展,为进一步拓展机电类工科学生的知识领域,用最新的制造技术培养新世纪优秀人才,根据有关专家学者对该书的修改意见,并参考了近五年国外出版的英文原版优秀教材,编者对该书进行了重新修订:原书中某些陈旧的内容已删除;数控技术全部重新编写,快速成形技术部分作了重大修改,智能制造技术修改后并入了第二部分;原书的纳米技术和微机械一节中扩充了微纳器件制造的内容,其他有关章节也作了相应调整。另外,根据部分使用该书的授课教师的意见对原书少量句子作了改写,学生较难理解的个别生僻单词作了替换。全书共新增单词 80 个、缩略语 20 条。

为使本教材日臻完善,在新版书的使用过程中,欢迎各有关专家学者继续提出宝贵的批评与建议,并可直接同编者联系。

编 者

2006 年 11 月

第一版前言

先进制造技术(advanced manufacturing technology, AMT)这一概念是美国根据本国制造业面临来自世界各国,特别是亚洲国家的挑战,为增强制造业的竞争力,夺回美国制造工业的优势,促进国家经济的发展,于20世纪80年代末提出来的。它是以提高制造企业综合效益为目的,以人为主体的,以计算机技术为支柱,综合利用信息、材料、能源、环保等高新技术以及现代系统管理技术,对传统制造过程中与产品在整个生命周期中的使用、维护、回收利用等有关环节进行研究并改造的所有适用技术的总称。AMT这一全新概念一经提出,立即受到世界各国政府、企业界和学术界的高度重视,并将其称为面向21世纪的技术。因为先进制造技术的主要特征是强调实用性,它以提高企业综合经济效益为目的,所以被认为是提高制造业竞争能力的主要手段,对促进整个国民经济的发展有着不可估量的影响。

同先进工业国家相比,我国制造业技术水平还很低,面对世界市场的激烈竞争,我们只有认真实施“科教兴国”战略,采用以高新技术为支撑的先进制造技术,开展知识创新,才能在竞争中站稳脚跟,迎接21世纪制造业的严峻挑战。

到目前为止,全面系统地介绍先进制造技术的书籍尚不多见,这同当前正在形成的先进制造技术的研究和推广应用热潮很不相适应。为此,我们组织力量,花了两年多时间参考了20世纪90年代以后出版的20余本有关先进制造技术的英文原版专著与教材,并经过仔细筛选后编写出了这本英文版教材。我们直接采用英文原著,目的是为了工科高年级学生和研究生能尽快熟悉本专业的技术词汇,尤其是在知识更新越来越快的信息时代能及时了解当前最新科研成果,鼓励他们广泛阅读反映本专业领域最新发展状况的外文原著(包括论文和专著)。香港和台湾高校使用原版书教学,对学生的外语水平有极大的好处,故值得借鉴。

为了提高本教材的教学效果,我们特意在每章后面附有一些疑难句子的注释,并在书后附有总词汇表(按章节和出现先后次序编排)。从书后的总词汇表可以看出,本书几乎包括了最近几年内涌现的涉及计算机、自动控制、制造技术和信息产业等方面的大部分最新词汇(有少数词汇甚至在较大的英汉科技词典中都未来得及收录)。

本书作为选修课已经在高年级本科生中讲授了两遍,在听取有关专家的意见和建议的基础上对书中内容又作了一些删节与修改。

本书在编写过程中得到了西安交通大学卢秉恒教授、吴序堂教授和重庆大学张根保教授以及西北轻工业学院曹巨江教授的指导与帮助。在第二次修改定稿送出版社之前承蒙西安交通大学管理学院资深教授汪应洛先生审看了样稿,并向出版社郑重推荐出版本



书。在原稿录入和编辑、配图过程中还得到了江云女士和胡德洲、张顺德两位博士的协助，在此一并表示衷心的感谢。

由于先进制造技术的概念提出的时间不长，还未形成完整的理论体系，尤其是编写这样一本以英文原著为素材的面向中国学生的教材还仅仅是一种尝试，加之编者水平有限，缺点错误在所难免，敬请各位专家学者批评指教。

编 者

2000年7月于西安交通大学

CONTENTS

Part I Computers in Manufacturing

1 Computer-aided Production and Control Systems (计算机辅助生产与控制系统)	3
1.1 Automation Concepts	6
1.2 Evolution of Automation	7
1.3 Goals of Automation	8
1.4 Engineering	9
1.5 Business	9
1.6 Computer Control of Manufacturing Systems	11
注释	21
2 Internet (因特网)	23
2.1 Services Supported by Internet	25
2.2 Who Uses the Internet?	27
2.3 Internet Origins	27
注释	29
3 The Role of the World Wide Web (WWW) in Manufacturing (万维网在制造中的作用)	31
3.1 Introduction	31
3.2 Globalization for Customer Oriented Manufacturing	32
3.3 The Role of the World Wide Web	33
3.4 Global Collaborative Manufacturing and WWW	35
3.5 Web and Manufacturing Practices	35
3.6 Global Manufacturing on the Web	37
3.7 Cloud Computing & Cloud Manufacturing	39
注释	45

Part II Automated Manufacturing

4 Computer-aided Design and Computer-aided Manufacturing (计算机辅助设计与制造)	51
4.1 Rationale for CAD/CAM	53
4.2 Historical Development of CAD/CAM	56



4.3	Computers and Design	57
4.4	CAD-to-CAM Interface	63
4.5	CAD/CAM Hardware	64
4.6	CAD/CAM Software	65
4.7	CAD/CAM Database	67
4.8	2-D Versus 3-D Software	68
4.9	CAD System Examples	71
4.10	Animation and CAD/CAM	75
4.11	CAD/CAM Selection Criteria	75
	注释	77
5	Numerical Control (数控技术)	78
5.1	Historical Background	80
5.2	Computer Numerical Control	81
5.3	Principles of NC Machines	82
5.4	Types of Control Systems	84
5.5	Accuracy in Numerical Control	86
5.6	Advantages and Limitations of NC	87
5.7	Programming for Numerical Control	88
5.8	Machining Centers	90
	注释	94
6	Flexible Manufacturing (柔性制造)	96
6.1	Historical Development of Flexible Manufacturing	98
6.2	Rationale for Flexible Manufacturing	99
6.3	Flexible Manufacturing System Components	100
6.4	The Hierarchical Nature of Production Control	104
	注释	106
7	Computer Integrated Manufacturing (计算机集成制造)	108
7.1	Historical Development of CIM	109
7.2	The CIM Wheel	112
7.3	Benefits of CIM	113
7.4	CIM-related Standards	113
7.5	Group Technology and CIM	119
7.6	Process Planning and CIM	124
7.7	Computer-aided Process Planning	125
7.8	Manufacturing Resources Planning and CIM	126



注释	128
8 High Speed Cutting (HSC) (高速切削)	130
8.1 Definition	130
8.2 Introduction to High Speed Cutting	131
8.3 Applications of High Speed Cutting	135
注释	143

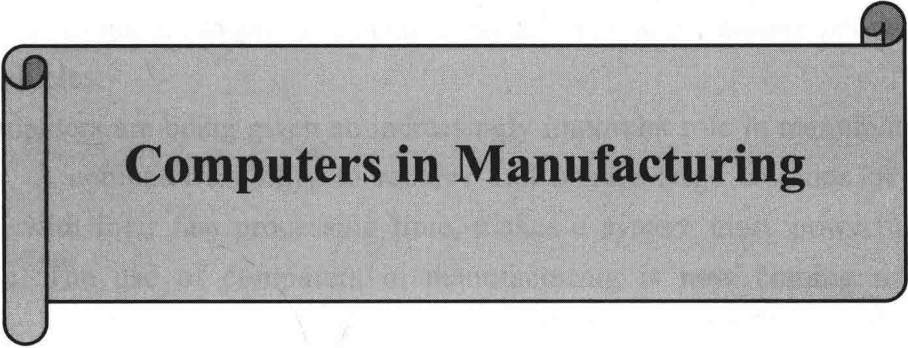
Part III Manufacturing Technology Facing the 21st Century

Introduction	149
9 Agile Manufacturing (敏捷制造)	153
9.1 Introduction	153
9.2 AM—a New Manufacturing Strategy	154
9.3 AM is a Production Mode of the 21st Century	157
9.4 Summary	169
注释	171
10 Additive Manufacturing (增材制造)	174
10.1 Introduction	174
10.2 AM Processes and Materials	178
10.3 Applications of Additive Manufacturing	183
10.4 Advantages of AM for Production	189
10.5 Conclusions	191
注释	192
11 Environmentally Conscious Design and Manufacturing (具有环境意识的设计与制造)	194
11.1 Introduction	194
11.2 Overview	195
11.3 Environmentally Conscious Design and Manufacturing	198
11.4 Environmental Engineering	203
11.5 Summary	210
注释	212
12 Nanotechnology and Micromachine (纳米技术与微机械)	214
12.1 Nanotechnology	214
12.2 Micromachines	222



12.3	Fabrication of Microelectronic Devices	229
12.4	Summary	253
	注释	254
13	Biofabrication (生物制造)	258
13.1	Introduction	258
13.2	A 21st Century Manufacturing Paradigm	258
13.3	Growing Arsenal of Biofabrication Technologies	261
13.4	Practical Applications of Biofabrication Technologies	267
	注释	270
	参考文献	274
	世界著名机械工程学会名录	275
	总词汇表	276
	AMT 缩略语词汇表	297

Part I



Computers in Manufacturing

1 Computer-aided Production and Control Systems

Manufacturing technology has been around for many years.^[1] Over these years, it has gone through many changes, ranging from the simple to the complex. The driving forces behind the changes were people's desires to improve basic needs such as food, clothing, shelter, and recreation. To meet these desires, methods have been developed from producing simple devices such as weapons for obtaining food to today's modern manufacturing systems, which use computers to produce such items as televisions, mobile phones and space vehicles.

Computers are being given an increasingly important role in manufacturing systems. A computer's ability to receive and handle large amounts of data, coupled with their fast processing time, makes a system more powerful and versatile. The use of computers in manufacturing is now coming of age. Computer application in manufacturing production controls the physical process and is typically referred to as computer-aided manufacturing (CAM). It is built on the foundation of such systems as NC, AC, robotics, automated guided vehicle system (AGVS), automated storage/retrieval system (AS/RS), and flexible manufacturing system (FMS). Some of the new uses are briefly discussed below. More detailed discussion is presented in subsequent chapters.

Many interrelated manufacturing activities are grouped together to form a special application system that may be referred to as a production and control system (PACS). The grouping of manufacturing activities into PACS varies from one manufacturing environment to another. A PACS is defined as a subsystem in a global manufacturing environment. It may be a single subsystem, or it may be a complex set of sub systems. An illustration of PACS working in a global manufacturing system is shown in Fig.1.1. For PACS to meet their designed functional requirements, they should be designed to function independently of other PACS. Also, PACS should be able to work collectively with other PACS in a total integrated manufacturing environment.



Each PACS in the total system can have an effect on the other PACS in the total system, and a systems planning approach must be taken for the following reasons:

- To prevent duplication of effort.
- To enable vital information to pass efficiently through the system.
- To allow each PACS to know its relation to the others and how it affects the others.
- To make the whole manufacturing system function more efficiently and productively.

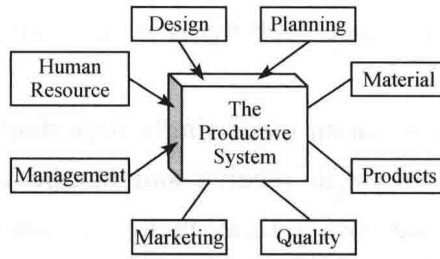


Fig.1.1 A PACS Working in a Global Manufacturing System

Computers are by far the most powerful single approach used in integrating and manipulating the series of interrelated manufacturing PACS and activities.

They have brought manufacturing technology into the era of “smart” machines. The advances in technical production have brought about a computer technology and manufacturing technology that has enhanced manufacturing technology development. This marriage is the basis for computer-aided production and control systems (CAPACS), which are computer-driven CAPACS. Thus, CAPACS have increased the roles of smart machines in production and control functions. The increased roles of smart machines have demanded a more intimate communication and interaction between such functions as design, financial accounting, production, personnel, and marketing. The ways in which production operations are conceptualized, formulized, discharged, and performed are being changed by CAPACS.



Typical CAPACS in manufacturing are as follows:

- CAD Computer-aided design;
- CAIN Computer-aided inspection;
- CAM Computer-aided manufacturing;
- CAPP Computer-aided process planning;
- CAQC Computer-aided quality control;
- CIPM Computer-integrated production management;
- DNC Direct numerical control;
- GT Group technology.

Fig.1.2 gives an overview of interrelated functions of CAPACS working from an integrated database system. The design data, generated by the interaction between CAPACS, is a single collection of all the information that describes the product and related operations. It is the hub of the manufacturing wheel. The CAD system is the principal tool used by engineering in carrying out its responsibility.

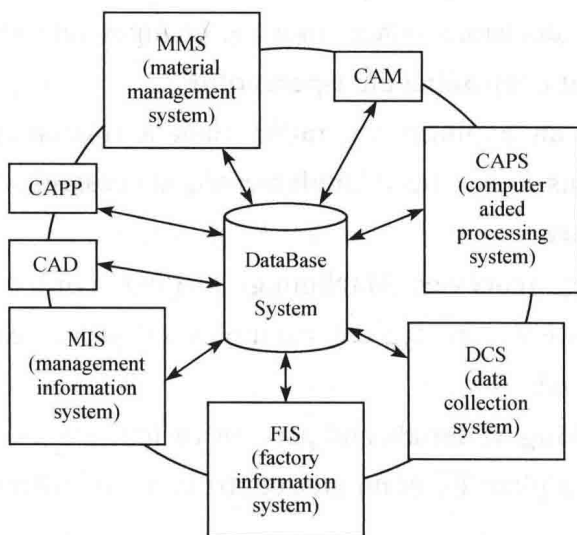


Fig.1.2 Interaction of CAPACS in a Manufacturing System

The spokes of the wheel are made from various kinds of CAPACS involved in the activity. Each CAPACS has a communication link to the controlled database so that it will capture the data to form its own distributed