

先进制造技术

主 编 孙大涌
副主编 屈贤明 张松滨

先进制造技术

孙大涌 主 编
屈贤明 张松滨 副主编



机械工业出版社

高新技术与制造技术相互渗透、融合,使传统意义上的制造技术得到质的飞跃,形成了当代的先进制造技术。机械科学研究院先进制造技术研究中心组织了国内百余位专家、教授,结合本人丰富的实践经验和国内外有关领域的最新成果,对先进制造技术进行了全面的介绍。

全书分为6篇33章。第1篇主要介绍了制造业的发展和先进制造技术的内涵、特点、重要作用和发展趋势;第2篇至第5篇分别从现代设计、先进制造工艺、自动化和系统管理四个方面介绍了国内外的有关技术发展的新成就,结合国情和作者长期积累的经验和成果,重点探讨了应推广和开发的有关新技术;第6篇重点探讨了我国发展先进制造技术的战略、政策、途径和有关支持环境。

本书主要供制造企业、有关科研单位和高等院校的科技人员、大学师生,以及政府管理部门的科技管理人员学习和查用。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术/孙大涌主编. —北京:机械工业出版社, 1999.12
ISBN 7-111-07539-0

I. 先… II. 孙… III. 制造-技术 IV. T

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第61656号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:周娟 吴曾评 金晓玲 孙流芳 版式设计:冉晓华

责任校对:李秋荣 封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000年2月第1版第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·62印张·2插页·1515千字

0 001—3 000册

定价:120.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

序

经济、科技全球化的浪潮扑面而来，中国进入 WTO 在即，这必将给中国的经济发展带来巨大和深刻的影响。

可以预言，在 21 世纪相当长一段时期，中国制造业无论是总量，还是所占比重，仍将保持增长势头，它仍将在国民经济发展中居有重要的地位，是国民经济的支柱。

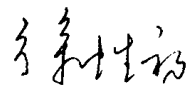
目前，我国正处在由计划经济向社会主义市场经济转轨的过程中，以机械制造业为代表的中国制造业陷入了前所未有的困境。表现之一是，国民经济和产业化所需装备的 2/3 依赖进口。据统计，全社会固定资产投资中的设备投资，国外设备所占比重 1994 年为 68%、1995 年为 64%。表现之二是，大约一半的生产能力闲置。由于大量设备进口及不合理的低水平的重复建设，机械制造业的设备平均开工率只有 51.86%，大批职工下岗，经济效益低下。表现之三是，企业典型产品的技术来源 57% 依靠国外。表现之四是，对市场快速反映能力差。据统计，机械制造业“八五”期间开发成功的 2361 种产品，平均开发周期为 18 个月，产品的生命周期为 10.5 年。而美国 1990 年已实现了“三个三”即产品生命周期为 3 年，产品试制周期为 3 个月，产品设计周期为 3 个星期。产品开发周期长，交货期慢已成为我国机械产品在国内、外市场竞争中不断失利的首要原因。国人都在思考这样一个问题：21 世纪的中国国民经济由谁来装备？中国机械制造业如何面对严峻的国内外环境？

大力发展和应用先进制造技术，用其改造传统的产业和形成高技术产业，提升我国制造业的产业结构、产品结构和组织结构，增强其技术创新能力、产品开发能力和市场竞争能力，是制造业，特别是机械制造业走出困境的关键性措施。

令人欣慰的是，大力发展先进制造技术已引起我国朝野上下的高度重视，已成为一条国策。

为了提供全面了解、掌握先进制造技术知识的工具，由中国科学技术协会副主席、机械科学研究院原院长孙大涌教授担任主编，组织机械科学研究院先进制造技术中心的专家及国内其它单位的专家，以自己的研究成果为基础，撰写、出版了这本专著。该书反映了国际、国内有关先进制造技术的最新发展和最新的研究成果，是一本内容新颖、系统性强、信息量大、论述严谨、文字简练的优秀著作，我乐于为其作序。

机械科学研究院名誉院长
中国科学院院士



1999 年 12 月 28 日于北京

前 言

随着信息技术、材料技术、新能源技术等新技术与制造技术的相互交叉、渗透、融合,使传统意义上的制造技术在原有基础上得到了质的飞跃,形成了当代的先进制造技术。与传统制造技术相比,它既有继承性,又有质的区别;它既有特定的含义,又是动态发展的、相对而言的。如今,先进制造技术已成为各国经济发展和满足人民日益增长需要的主要技术支撑,成为加速高新技术发展和实现国防现代化的主要技术支撑,成为企业在激烈的市场竞争中能立于不败之地并求得迅速发展的关键因素。通过各方面的努力,在国内,从政府管理部门到企业领导和科技人员,对先进制造技术的重要性已取得基本共识,但是,对先进制造技术的基本内涵和发展趋势;对当前,结合国情,迫切需要推广、应用和研究开发哪些先进制造技术,以期在较短的时间内迅速提高我国制造水平,缩短与工业发达国家的差距,满足国民经济各部门迅速发展的需要;对在我国发展先进制造技术的战略、政策、途径的了解以及如何加快建立相应的研究开发和技术服务体系、人才培养体系等问题尚缺乏深入研究,尚缺少深入探讨上述问题的专著。两年来,在机械工业出版社的大力支持下,机械科学研究院先进制造技术研究中心组织了国内百余位长期在制造技术各领域第一线从事科研、教学、生产的专家、教授、工程技术人员,结合本人科研、教学和生产成果,综合国内外有益经验和发展趋势,对上述有关内容做了较深入的论述,以期对制造企业、有关科研单位和高等院校中有一定实践经验的科技人员在解决制造技术难题和提高制造技术水平及管理水平时有所帮助,对制造企业在进行技术改造、加强管理和发展新产品时以及有关政府管理部门在制定科技发展计划、技术政策和改造传统产业宏观决策时也有所帮助。

本书第1篇主要介绍了制造业的发展和先进制造技术的内涵、特点、重要作用和发展趋势。第2篇至第5篇分别从现代设计、先进制造工艺、自动化和系统管理等四个方面介绍了国内外有关技术发展的新成就,结合国情和作者长期积累的经验和成果,重点探讨了应推广和开发的有关新技术。第6篇重点探讨了我国发展先进制造技术的战略、政策、途径和有关支撑环境,从而形成一个研究开发、推广应用先进制造技术的体系。

限于篇幅和时间,在编写上,要求从总体上能反映该领域的主要方面和新成果、新经验,不要求从头说起,面面俱到。在内容上,要求尽可能结合作者本人的科研成果和生产经验。在介绍国外新成就时,要注意结合国情,结合国内企业实际,考虑到国内近期应用前景;要注意学科的交叉和融合,要求在一个新的起

点上，有一个质的飞跃。在采用标准、术语、符号、代号时，要符合国家最新标准和法定计量单位。

当前，先进制造技术发展非常迅速。随着全球信息网络的建立和完善，国际竞争和协作氛围的进一步形成和发展，制造企业在世界范围内的重组和集成进一步加速，制造全球化必然是 21 世纪的一个重要发展趋势，这将更加促使先进制造技术得到更快的发展。我国制造技术水平与国际工业发达国家相比，虽有较大的差距，但只要加倍努力，从实际出发，认真吸取国内外先进经验和教训，切实开发、推广、应用适合我国国情的先进制造技术，我们相信，在不太长的时间内，一定会把我国企业的制造技术水平和管理水平大大地向前推进一步，并力争在较多技术领域内，领先于世界先进水平。

孙大涌、屈贤明、张松滨

1999 年 8 月

目 录

序
前言

第 1 篇 导 论

第 1 章 制造业和先进制造技术的发展

1.1 制造业及其发展概况	3
1.1.1 发达国家的制造业	3
1.1.2 中国的制造业	6
1.1.3 制造业在国民经济中的地位	7
1.2 制造业的发展趋势及特点	10
1.2.1 我国制造业的发展前景	10
1.2.2 我国未来制造业的特点	10
1.3 先进制造技术提出并得到重视	12
1.3.1 制造技术的演进和先进制造技术的提出	12
1.3.2 先进制造技术发展得到重视	16
1.4 先进制造技术的内涵及特点	19

1.4.1 先进制造技术的内涵	19
1.4.2 先进制造技术的特点	19
1.5 先进制造技术的体系结构	20
1.5.1 AMST 多层次先进制造技术体系	20
1.5.2 FCCSET 先进制造技术体系结构	21
1.6 先进制造技术的发展趋势	22
1.6.1 21 世纪对先进制造技术的挑战与发展机遇	22
1.6.2 先进制造技术的发展趋势	23
1.7 先进制造技术对国民经济发展的重要作用	26
参考文献	27

第 2 篇 现代设计技术

第 2 章 现代设计技术概论

2.1 新产品开发综述	31
2.1.1 新产品开发的重要意义	31
2.1.2 决定新产品开发成败的核心因素	31
2.1.3 新产品开发中的新技术	33
2.2 现代设计技术的内涵及其体系	34
2.2.1 现代设计技术的内涵	34
2.2.2 现代设计技术的体系	36
2.3 现代设计技术的特点	38
2.4 现代设计的发展趋势展望与思考	42
2.4.1 发展趋势展望	42
2.4.2 思考与建议	43
参考文献	44

第 3 章 现代设计技术之一——现代设计方法学

3.1 并行设计	45
3.1.1 并行设计概念产生的背景和过程	45
3.1.2 并行设计的技术特征	46
3.1.3 并行设计中的关键技术	48
3.1.4 并行设计的技术经济效益	49
3.2 系统设计	51
3.2.1 系统设计的概念	51
3.2.2 系统设计的方法和步骤	53
3.2.3 机械系统设计	55
3.2.4 系统设计的展望	57
3.3 功能设计	57
3.3.1 功能设计的概念	57

3.3.2	功能设计的步骤	57
3.3.3	功能分析	57
3.3.4	寻求作用原理	59
3.4	模块化设计	61
3.4.1	模块化设计的基本概念和方法	61
3.4.2	模块化系统的分类	62
3.4.3	模块化设计的步骤	63
3.4.4	模块化设计的关键	65
3.4.5	模块化设计的现状与趋势	65
3.5	价值工程	67
3.5.1	概述	67
3.5.2	价值工程的基本概念	68
3.5.3	价值工程的工作程序	69
3.5.4	价值工程的技术方法	71
3.6	质量功能配置	73
3.6.1	概述	73
3.6.2	质量功能配置的基本原理	73
3.6.3	系统的质量功能配置过程及其特点	76
3.6.4	质量功能配置方法中有关内容的补充说明	77
3.7	反求工程技术	78
3.7.1	概述	78
3.7.2	反求工程技术的研究对象及研究内容	79
3.7.3	反求工程技术的研究特点及设计程序	81
3.7.4	反求工程技术的研究方法	82
3.7.5	实施反求工程应注意的一些问题和建议	83
3.8	绿色设计	84
3.8.1	绿色设计产生的背景	84
3.8.2	绿色产品与绿色设计	84
3.8.3	绿色设计及其特点与方法	86
3.8.4	绿色设计的主要内容和关键技术	87
3.8.5	绿色设计的发展	88
3.9	模糊设计	89
3.9.1	模糊设计的基石——模糊集与隶属函数	89
3.9.2	模糊优化设计	90
3.9.3	模糊可靠性设计	92
3.9.4	模糊控制设计	94
3.9.5	模糊神经网络与模糊专家系统	95

3.9.6	说明及展望	97
3.10	面向对象的设计	97
3.10.1	概述	97
3.10.2	面向对象的分析	98
3.10.3	面向对象的设计	100
3.10.4	面向对象设计的实现	102
3.10.5	面向对象设计的应用与展望	102
3.11	工业造型设计	103
3.11.1	工业造型设计学科的形成	104
3.11.2	工业造型设计的特征及内涵	105
3.11.3	工业造型设计基本方法	105
3.11.4	工业造型设计发展新动向	107
参考文献		109

第4章 现代设计技术之二——计算机辅助设计技术 111

4.1	有限元法	111
4.1.1	概述	111
4.1.2	有限元法的基本思想及计算步骤	111
4.1.3	有限元法的应用及现状	113
4.2	优化设计	116
4.2.1	优化设计问题	116
4.2.2	优化设计的基本术语和数学模型	117
4.2.3	最优化方法	120
4.2.4	最优化设计技术的现状与未来	120
4.3	计算机辅助设计	122
4.3.1	计算机辅助设计的基本概念和特点	122
4.3.2	计算机辅助设计系统的硬件	123
4.3.3	计算机辅助设计系统的软件	125
4.3.4	计算机辅助设计的研究热点及展望	126
4.4	模拟仿真和虚拟设计	128
4.4.1	现代产品开发中的重要支撑技术——模拟仿真技术	128
4.4.2	模拟仿真技术的发展	130
4.4.3	模拟仿真技术的三大组成部分	132
4.4.4	模拟仿真软件介绍	133
4.4.5	模拟仿真技术的最新发展——虚拟现实简介	136
4.5	智能计算机辅助设计	137

4.5.1 概述	137	价	185
4.5.2 智能计算机辅助设计系统的基本组成	137	5.4.6 防断裂设计的发展	186
4.5.3 人工智能技术与智能设计系统	138	5.5 疲劳可靠性设计	187
4.5.4 智能计算机辅助设计的发展方向	140	5.5.1 概述	187
4.5.5 国内外智能计算机辅助设计技术的应用状况	142	5.5.2 疲劳可靠性设计的方法	189
4.6 工程数据库	143	5.5.3 工程应用中的主要问题	193
4.6.1 工程数据库的概念	143	5.5.4 疲劳可靠性设计的展望	194
4.6.2 工程数据库的特点	143	5.6 减摩耐磨设计	195
4.6.3 工程数据库系统简介	145	5.6.1 概述	195
4.6.4 工程数据库系统的发展动向	150	5.6.2 摩擦副的系统分析	196
参考文献	151	5.6.3 摩擦副的非正常状态	196
		5.6.4 耐磨设计	198
		5.6.5 减摩耐磨设计的发展动向	201
第5章 现代设计技术之三——可信性设计	153	5.7 防腐蚀设计	201
5.1 可靠性设计	154	5.7.1 概述	201
5.1.1 机械可靠性和电子可靠性	154	5.7.2 防腐蚀设计方法	203
5.1.2 通用的可靠性设计分析方法	155	5.7.3 防腐蚀设计技术发展趋势	206
5.1.3 电子设备可靠性设计方法	160	5.8 健壮设计	207
5.1.4 机械可靠性设计方法	164	5.8.1 概述	207
5.1.5 软件可靠性	165	5.8.2 健壮设计原理	207
5.2 安全设计	167	5.8.3 机械系统的稳健设计	211
5.2.1 概述	167	5.8.4 健壮性与可靠性	213
5.2.2 安全设计的基本程序与方法	168	5.8.5 应用举例——提高离合器弹簧的耐久性	213
5.2.3 安全设计风险评价	169	5.9 耐环境设计	213
5.2.4 结构安全设计	170	5.9.1 环境条件和产品防护类型	214
5.2.5 安全设计的展望	173	5.9.2 环境防护技术	217
5.3 动态分析与设计	173	5.9.3 环境试验评价	219
5.3.1 动态分析	174	5.10 维修性设计和维修保障设计	219
5.3.2 动态设计	175	5.10.1 概述	219
5.3.3 动态设计中的非线性问题——机构弹性动力学	179	5.10.2 维修性设计与分析	220
5.3.4 动态设计的发展趋势与关键技术	179	5.10.3 维修保障设计	223
5.4 防断裂设计	180	5.10.4 维修性与维修保障技术的综合发展趋势	225
5.4.1 防断裂设计的提出	180	5.11 测试性设计	225
5.4.2 防断裂设计的工程方法	181	5.11.1 概述	225
5.4.3 制造过程中的断裂控制设计	183	5.11.2 测试性要求	227
5.4.4 运行、维修和试验条件下的断裂控制	184	5.11.3 测试方案	227
5.4.5 防断裂设计的安全、可靠性评		5.11.4 固有测试性设计	228
		5.11.5 测试点的配置	229
		5.11.6 测试性验证和熟化	230
		5.12 人机工程设计	230
		5.12.1 概述	230

5.12.2 人体尺寸、操作姿态和体能	231	6.2.8 疲劳加速试验	249
5.12.3 显示器的设计	234	6.3 产品环保性能试验与控制	249
5.12.4 控制零部件的设计	236	6.3.1 产品环保性能的概念	249
5.12.5 环境和其他问题的考虑	238	6.3.2 产品环保性能评价方向	250
参考文献	239	6.3.3 产品制造过程中的环保要求	251
第6章 设计试验技术	242	6.3.4 环境标志产品	251
6.1 概述	242	6.3.5 机械产品污染物排放指标及其检 验	252
6.2 产品可靠性试验	242	6.3.6 汽车排气污染物的控制	253
6.2.1 可靠性试验的意义与分类	242	6.3.7 电机及其拖动设备噪声控制	255
6.2.2 指数分布可靠性测定试验	242	6.4 仿真试验与虚拟试验	255
6.2.3 威布尔分布可靠性测定试验	244	6.4.1 产品试验的目的	255
6.2.4 加速试验及其原则	245	6.4.2 快速成形技术与仿真试验	256
6.2.5 单一应力加速试验	246	6.4.3 虚拟试验及其一般方法	259
6.2.6 复合应力加速试验	248	6.4.4 虚拟试验技术及设备	260
6.2.7 磨损加速试验	248	参考文献	262

第3篇 先进制造工艺

第7章 先进制造工艺概论	265	8.2 钢液精炼与保护技术	284
7.1 机械制造工艺的定义、内涵及分类	265	8.2.1 纯净铸钢和超纯净钢	284
7.1.1 机械制造工艺的定义及内涵	265	8.2.2 纯净铸钢的精炼工艺	285
7.1.2 机械制造工艺的分类	265	8.3 高紧实率潮型生产工艺与装备	289
7.2 先进制造工艺的特点及产生条件	268	8.3.1 概述	289
7.2.1 先进制造工艺在先进制造技术 (AMT)中的地位	268	8.3.2 高紧实率无箱造型概述	289
7.2.2 先进制造工艺的特点	268	8.3.3 高紧实率有箱造型发展史	289
7.2.3 先进制造工艺的产生环境及方 式	269	8.3.4 几种造型紧实方法比较	290
7.3 先进制造工艺的技术发展趋势	271	8.3.5 高紧实率造型技术发展趋势	295
参考文献	273	8.3.6 高紧实率潮型用型砂质量及其控 制	296
第8章 精密洁净铸造成形工艺	274	8.4 近代化学固化砂铸造工艺	298
8.1 外热风冲天炉熔炼、处理、 保护成套技术	275	8.4.1 树脂固化砂工艺	298
8.1.1 概述	275	8.4.2 水玻璃固化砂工艺	301
8.1.2 热风冲天炉发展历史	275	8.5 高效金属型铸造工艺与设备	303
8.1.3 先进外热换热器原理、结构及系 统实例	275	8.5.1 铝合金件金属型铸造工艺及设 备	303
8.1.4 高效长寿外热冲天炉炉体结构及 保护技术	279	8.5.2 铸铁件金属型铸造技术	305
8.1.5 外热冲天炉优点及应用范围	283	8.6 气化模铸造工艺与设备	311
8.1.6 热风冲天炉发展前景	283	8.6.1 概述	311
		8.6.2 气化模铸造技术	312
		8.6.3 气化模铸造技术的特点及应用	315
		8.7 铸造成形工艺模拟和工艺CAD	316
		8.7.1 概述	316
		8.7.2 铸件凝固过程数值模拟	317

8.7.3 铸件充型过程数值模拟	320
8.7.4 铸件微观组织预测	321
8.7.5 铸造工艺 CAD 软件	323
8.7.6 结语	324
参考文献	324
第 9 章 精确高效塑性成形技术	328
9.1 热精锻生产线成套技术	328
9.1.1 概述	328
9.1.2 精密热模锻生产线工艺流程设计	329
9.1.3 精密热模锻生产线的设备选择和机械手 (机器人)	330
9.1.4 典型精密热锻生产线举例	331
9.2 冷温成形成套技术	332
9.2.1 概述	332
9.2.2 国内外发展概况及水平	332
9.2.3 技术内容及技术关键	333
9.2.4 冷温锻造工艺技术发展的关键	336
9.2.5 市场开发前景	339
9.3 辊锻和楔横轧成形技术	339
9.3.1 概述	339
9.3.2 辊锻成形技术	340
9.3.3 楔横轧成形技术	343
9.4 大型覆盖件冲压技术	346
9.4.1 概述	346
9.4.2 产生背景及发展简史	346
9.4.3 技术内容及技术关键	346
9.4.4 优缺点及使用范围	350
9.4.5 发展前景	351
9.5 精密冲裁工艺与装备	351
9.5.1 概述	351
9.5.2 精冲工艺过程的基本特征	351
9.5.3 完成精冲的基本条件	352
9.5.4 精冲工艺展望	354
9.6 超塑性和等温成形工艺	356
9.6.1 超塑性及其成形工艺	356
9.6.2 等温锻造成形	358
9.7 锻造工艺模拟及工艺 CAD	359
9.7.1 概述	359
9.7.2 锻造工艺模拟技术的研究进展	360
9.7.3 关于锻造工艺模拟软件的应用	362
参考文献	362

第 10 章 优质、高效焊接与切割技术	363
10.1 新型焊接电源及控制技术	363
10.1.1 概述	363
10.1.2 逆变式弧焊电源主电路形式	363
10.1.3 弧焊逆变器单元组合	364
10.1.4 弧焊逆变器输出电流反馈控制系统	365
10.1.5 逆变式弧焊电源空载状态控制	365
10.1.6 逆变式钨极氩弧焊电源及其控制	366
10.1.7 逆变式二氧化碳气体保护焊电源及其控制	367
10.1.8 逆变式弧焊电源的发展前景	368
10.2 激光焊接技术	368
10.2.1 概述	368
10.2.2 激光焊接的工艺特点	368
10.2.3 激光焊接设备	369
10.2.4 影响激光焊接质量的因素	370
10.2.5 改善和发展激光焊接的新技术	372
10.2.6 激光焊接的应用	373
10.3 优质、高效、低稀释率堆焊技术	373
10.3.1 概述	373
10.3.2 先进的带极堆焊技术	374
10.3.3 先进的粉末等离子弧堆焊技术	377
10.4 微连接技术	379
10.4.1 概述	379
10.4.2 微连接技术中的压焊方法	379
10.4.3 微连接技术中的软钎焊方法	380
10.4.4 发展前景	383
10.5 焊接机器人及其应用	383
10.5.1 概述	383
10.5.2 焊接机器人	383
10.5.3 焊接机器人的应用	387
10.5.4 焊接机器人的发展	388
10.6 高效优质切割技术	388
10.6.1 概述	388
10.6.2 火焰切割用气体	389
10.6.3 火焰精密快速切割	390
10.6.4 数控切割技术	391
10.6.5 精密等离子弧切割技术	391
10.6.6 激光切割技术	392

10.6.7 高压水射流切割	393
10.7 焊接过程数值模拟与专家系统	394
10.7.1 概述	394
10.7.2 焊接过程数值模拟	394
10.7.3 焊接专家系统	397
参考文献	399

第 11 章 优质低耗洁净热处理

技术	401
11.1 可控气氛热处理	401
11.1.1 概述	401
11.1.2 N_2-CH_3OH 氨基气氛	402
11.1.3 直生式气氛	403
11.1.4 发展前景	406
11.2 真空热处理	406
11.2.1 真空炉内对流加热技术的开发	406
11.2.2 真空高压气冷淬火技术	408
11.2.3 真空高压气冷等温淬火	408
11.2.4 真空渗氮技术	409
11.2.5 真空清洗与干燥技术	409
11.3 离子化学热处理	410
11.3.1 概述	410
11.3.2 发展背景及简史	410
11.3.3 离子渗氮	411
11.3.4 离子 N-C 共渗	411
11.3.5 离子渗碳	412
11.3.6 离子热处理设备	413
11.3.7 优缺点及使用范围	414
11.3.8 发展前景	415
11.4 激光表面合金化	415
11.4.1 概述	415
11.4.2 激光表面合金化层凝固特征	416
11.4.3 合金层组织	416
11.4.4 激光表面合金化的强化机制	420
11.4.5 激光表面合金化的应用	420
11.4.6 激光表面合金化的发展	421
11.5 热处理专家系统及性能预报	421
11.5.1 概述	421
11.5.2 产生背景及发展简史	421
11.5.3 技术内容及技术关键	422
11.5.4 优缺点及使用范围	424
11.5.5 发展前景	424
参考文献	424

第 12 章 高效、高精机械加工

工艺	427
12.1 精密加工和超精密加工	427
12.1.1 概述	427
12.1.2 产生背景及发展	428
12.1.3 镜面铣技术及其应用	428
12.1.4 金刚石车削技术及其应用	431
12.1.5 精密和超精密磨削	434
12.1.6 发展前景	437
12.2 高速切削与高速磨削	438
12.2.1 高速切削的特点	438
12.2.2 高速切削的产生背景和发展史	438
12.2.3 高速切削的技术关键	439
12.2.4 高速切削的发展前景	450
12.2.5 高速磨削的特点	451
12.2.6 高速磨削的产生背景和发展史	451
12.2.7 高速磨削的技术关键	451
12.2.8 高速磨削的发展前景	458
12.3 复杂型面的数控加工	460
12.3.1 概述	460
12.3.2 复杂型面的主要加工方法	460
12.3.3 复杂型面数控加工的技术关键	461
12.3.4 发展前景	464
12.4 游离磨料的高效加工	465
12.4.1 概述	465
12.4.2 超声研磨工艺	466
12.4.3 超声研磨加工玻璃	466
12.4.4 超声轨迹加工	467
12.4.5 发展前景	467
参考文献	468

第 13 章 现代特种加工工艺

13.1	激光加工	469
13.1.1	概述	469
13.1.2	激光加工系统的组成及其特性	470
13.1.3	激光加工的合理工作参数	471
13.1.4	激光加工的技术发展趋势	472
13.2	复合加工	473
13.2.1	概述	473
13.2.2	组成复合加工的典型能量形式	474
13.2.3	化学机械复合加工	474
13.2.4	磁场辅助研抛加工	477

13.2.5 激光辅助车削	478	15.1.1 概述	506
13.2.6 复合加工的技术发展趋势	479	15.1.2 产生背景及发展简史	506
13.3 微细加工和纳米技术	479	15.1.3 制备技术	506
13.3.1 概述	479	15.1.4 性能与应用	508
13.3.2 微细机械加工和电加工技术	480	15.1.5 发展前景	509
13.3.3 光化掩膜加工	482	15.2 新型节能表面涂装技术——自泳涂	
13.3.4 微细加工的技术发展趋势	484	装	509
13.4 水喷射加工	485	15.2.1 概述	509
13.4.1 概述	485	15.2.2 产生背景及发展简史	509
13.4.2 水喷射加工系统及其应用技术	485	15.2.3 技术内容与技术关键	510
13.4.3 水喷射加工应用前景和技术发		15.2.4 优缺点及使用范围	512
展趋势	488	15.2.5 发展前景	512
参考文献	488	15.3 铝及铝合金的微弧氧化技术	512
第 14 章 新型材料成形与加工		15.3.1 概述	512
工艺	490	15.3.2 产生背景及发展简史	512
14.1 新型材料的铸造成形	490	15.3.3 技术内容及技术关键	512
14.1.1 钛合金的铸造成形	490	15.3.4 优缺点及使用范围	514
14.1.2 金属基复合材料的铸造成形	492	15.3.5 发展前景	514
14.2 新型材料的超塑性成形	493	15.4 高速燃气喷涂技术	515
14.2.1 金属间化合物的超塑性	493	15.4.1 概述	515
14.2.2 陶瓷材料的超塑性	493	15.4.2 产生背景及发展简史	515
14.2.3 金属基复合材料的超塑性成形	494	15.4.3 技术内容及技术关键	516
14.2.4 新型金属材料的超塑性成形	494	15.4.4 优缺点及使用范围	518
14.3 新型材料的焊接	494	15.4.5 发展前景	518
14.3.1 金属基复合材料的焊接	495	15.5 热喷涂激光重熔复合技术	519
14.3.2 陶瓷的焊接	496	15.5.1 概述	519
14.4 新型材料的热处理	498	15.5.2 产生背景及发展简史	519
14.4.1 形状记忆合金热处理	498	15.5.3 热喷涂激光重熔二步法工艺	519
14.4.2 储氢合金的热处理	499	15.5.4 发展前景	521
14.4.3 陶瓷材料的热处理	500	15.6 等离子体化学气相沉积技术	521
14.4.4 金属间化合物材料的热处理	500	15.6.1 概述	521
14.5 新型材料的机械加工	501	15.6.2 产生背景及发展简史	521
14.5.1 概述	501	15.6.3 技术内容及技术关键	521
14.5.2 陶瓷材料的加工原理及方法	502	15.6.4 优缺点及使用范围	524
14.5.3 陶瓷材料高效、高精加工方法		15.6.5 发展前景	525
的研究	502	15.7 离子束辅助镀膜 (IAC) 技术	525
14.5.4 陶瓷材料机械加工技术的发展		15.7.1 概述	525
趋势	504	15.7.2 产生背景及发展简史	525
参考文献	504	15.7.3 技术内容及技术关键	525
第 15 章 优质清洁表面工程新		15.7.4 技术特性及使用范围	526
技术	505	15.7.5 发展趋势及前景	527
15.1 化学镀非晶态合金技术	506	参考文献	528

第 16 章 快速模具制造技术	530	义	544
16.1 锻模 CAD/CAM 一体化技术	530	17.1.2 热加工工艺模拟的研究方法	546
16.1.1 概述	530	17.1.3 热加工工艺模拟的功能	546
16.1.2 锻模与 CAD/CAM 有关的特 点	531	17.1.4 热加工数值模拟的主要内容	546
16.1.3 技术内容和技术关键	532	17.1.5 热加工工艺模拟技术发展趋势	548
16.1.4 使用范围	536	17.1.6 热加工工艺模拟与优化设计技 术的应用前景	549
16.1.5 发展前景	537	17.2 机械加工的拟实制造技术	549
16.2 快速原型/零件制造技术	537	17.2.1 概述	549
16.2.1 快速原型/零件制造技术产生 背景	537	17.2.2 拟实机械加工制造环境的建立	549
16.2.2 快速原型/零件制造技术的原 理	537	17.2.3 切削路径和表面形成过程的动 态仿真	552
16.2.3 RPM 技术的主要方法	538	17.2.4 加工过程物理特性仿真	553
16.2.4 RPM 技术的工艺装备、材料及 软件	539	17.2.5 生产线运行作业的仿真	557
16.2.5 RPM 技术的应用	541	17.2.6 机械加工拟实技术的发展趋势	558
16.2.6 RPM 技术发展趋势	542	17.3 机械产品的拟实装配技术	559
参考文献	543	17.3.1 概述	559
第 17 章 拟实制造成形加工技术	544	17.3.2 虚拟装配的技术关键	560
17.1 材料热加工拟实制造成形	544	17.3.3 虚拟装配环境的结构	560
17.1.1 热加工工艺模拟研究的重大意 义	544	17.3.4 虚拟装配系统的结构	561
		17.3.5 机械产品装配拟实技术的发展 趋势	561
		参考文献	562

第 4 篇 自动化技术

第 18 章 概论	565	19.2.3 数控系统的软件结构 (CME988)	574
18.1 制造业自动化的技术内涵	565	19.2.4 数控系统功能的主要发展趋势	577
18.1.1 对制造业的认识	565	19.3 机床用进给伺服系统和主轴伺服系 统	579
18.1.2 自动化的概念	565	19.3.1 机床用进给伺服系统	579
18.1.3 制造业自动化的内涵	566	19.3.2 机床用主轴伺服系统	583
18.2 制造业自动化的发展趋势	566	19.3.3 机床进给系统和主轴系统的发展 趋势	585
18.3 我国制造业自动化的现状	568	19.4 数控机床的程序编制	589
参考文献	568	19.4.1 数控机床程序编制的一般步骤 和手工编程	589
第 19 章 机床数控技术	569	19.4.2 自动编程	591
19.1 概述	569	19.4.3 编程举例	591
19.1.1 机床数控技术发展简述	569	19.5 机床数控系统的发展趋势	596
19.1.2 机床数控技术包括的主要内容	570	参考文献	599
19.2 机床数控装置	570		
19.2.1 概述	570		
19.2.2 数控系统的硬件结构	571		

第 20 章 工业机器人	600
20.1 概述	600
20.1.1 中国工业机器人的回顾	600
20.1.2 机器人工业的现状	600
20.1.3 我国机器人工业的发展趋势	601
20.1.4 国外机器人工业的发展趋势	604
20.2 工业机器人操作机	605
20.2.1 工业机器人操作机的自由度和坐标型式	605
20.2.2 操作机的不同结构及其特点	605
20.2.3 操作机的运动学和动力学	606
20.2.4 工业机器人的工作空间及与结构尺寸的相关性	609
20.2.5 操作机整机设计原则和设计方法	614
20.2.6 操作机腰部、臂部和腕部结构	619
20.3 工业机器人驱动系统	620
20.3.1 工业机器人驱动系统的特点	620
20.3.2 工业机器人驱动系统设计的选用原则	621
20.3.3 电液伺服驱动系统	621
20.3.4 气动驱动系统	622
20.3.5 电动驱动系统	622
20.4 工业机器人控制系统	625
20.4.1 机器人控制的功能、组成和分类	625
20.4.2 机器人控制系统设计原则	627
20.4.3 机器人仿真	629
20.4.4 几种典型的控制方法	629
20.4.5 控制系统硬件构成	630
20.4.6 机器人的编程	631
20.5 机器人用传感器	633
20.5.1 内部传感器	634
20.5.2 外部传感器	636
20.6 工业机器人自动生产线	639
20.6.1 机器人自动喷涂线形式	639
20.6.2 机器人自动喷涂线的结构和系统功能	640
20.6.3 机器人自动喷涂线参数设计	642
20.6.4 机器人自动生产线总控系统	644
20.7 几种典型工业机器人应用实例	648
20.7.1 喷涂机器人应用实例	648

20.7.2 点焊机器人应用实例	650
20.7.3 弧焊机器人应用实例	650
20.7.4 搬运机器人应用实例	651
20.7.5 装配机器人应用实例	652
20.7.6 冲压机器人应用实例	652
20.7.7 压铸机器人应用实例	653
20.7.8 其他机器人	654
参考文献	656

第 21 章 柔性制造系统 (FMS)	657
21.1 柔性制造系统基本概念	657
21.1.1 柔性制造系统的产生和特点	657
21.1.2 柔性制造系统的级别和适用范围	659
21.2 柔性制造系统的组成和结构	660
21.2.1 柔性制造系统的加工系统	660
21.2.2 柔性制造系统的物流系统	674
21.2.3 柔性制造系统的控制和管理系统	681
21.3 柔性制造系统的应用	686
21.3.1 柔性制造系统实施步骤	686
21.3.2 柔性制造系统的应用例	688
21.4 柔性制造系统的发展趋势	689
参考文献	690

第 22 章 集成制造技术	691
22.1 计算机集成制造	691
22.2 集成制造系统的体系结构	696
22.3 集成制造系统的组成	700
22.3.1 管理信息系统	700
22.3.2 技术信息系统	702
22.3.3 制造自动化系统	704
22.3.4 计算机辅助质量保证系统	706
22.3.5 计算机通信网络	708
22.3.6 集成制造系统的数据管理	712
22.4 集成制造系统的实施	714
22.5 集成制造技术的发展	718
参考文献	718

第 23 章 传感技术	719
23.1 概述	719
23.1.1 我国传感技术的发展简况	719
23.1.2 传感器的应用越来越重要	720

23.2 传感原理及传感的物理、化学效应	721	24.4.3 信噪比的改进	766
23.2.1 传感器	721	24.5 特征提取	768
23.2.2 采样定理	722	24.5.1 基本概念	768
23.2.3 量化	724	24.5.2 类别可分离性判据	769
23.2.4 物理和化学效应	724	24.5.3 特征提取的方法	770
23.2.5 传感器和自然规律	733	24.6 模式和模式识别	771
23.3 机械加工过程的传感检测技术	733	24.6.1 模式和模式识别概述	771
23.3.1 切削过程和机床运行过程的传感技术	733	24.6.2 贝叶斯决策	773
23.3.2 工件的过程传感	737	24.6.3 线性判别函数及其应用	775
23.3.3 刀具/砂轮的检测传感	739	参考文献	776
23.4 传感器的组成、分类和典型的传感器	741	第 25 章 过程与设备工况的监测	778
23.4.1 传感器的组成	741	25.1 概述	778
23.4.2 传感器的分类	742	25.1.1 制造过程的发展	778
23.4.3 典型的传感器	743	25.1.2 制造过程装备的发展简况	778
23.5 传感器的特性及其评价	745	25.2 过程监视和控制系统	779
参考文献	747	25.2.1 刀具、砂轮的过程监视和控制 系统	779
第 24 章 自动检测及信号识别 技术	748	25.2.2 机床运行和工件的过程监视	794
24.1 自动检测与计算机辅助检验 (CAT)	748	25.3 在线反馈质量控制	794
24.1.1 检测和检验在先进制造中的作 用	748	25.3.1 均方漂移	794
24.1.2 自动检测的原理与方法	749	25.3.2 损失函数	796
24.1.3 计算机辅助检验 (CAT)	755	25.3.3 测量间隔大于一件产品生产时 间的反馈控制	797
24.2 信号识别系统	756	25.4 自动过程辨识和生产过程调节	799
24.3 数据的获取	759	25.4.1 生产过程改进法	799
24.4 数据处理	764	25.4.2 生产过程自动辨识和调整	802
24.4.1 制造过程数据的特征	764	25.5 过程调节和过程恢复的改进方法	803
24.4.2 信号预处理	764	25.5.1 冗余机器的应用	803
		25.5.2 自动辨识的调整恢复系统	804
		25.6 预防性维护导论	804
		参考文献	808

第 5 篇 系统管理技术

第 26 章 系统管理技术概论	811	26.3.1 基本认识概要	815
26.1 制造业生产方式的演变	811	26.3.2 先进生产方式的关键要素	816
26.1.1 制造业生产方式和企业价值取 向	811	26.3.3 企业的任务——转变观念与提 高素质	816
26.1.2 制造业生产方式的历史演变	812	26.3.4 政府的责任——发展战略与支 持环境	818
26.1.3 先进制造模式产生的背景	813	26.3.5 推行实施先进制造模式的构想 及策略	819
26.2 先进制造模式的机理研究	815	参考文献	819
26.3 先进制造模式的运行机制	815		

第 27 章 先进制造模式	820	28.1.3 组成集成产品开发团队	859
27.1 精益生产	820	28.1.4 建立支持用户工作的协同工作 环境	860
27.1.1 历史背景	820	28.1.5 应用各种技术工具完成产品并 行开发	861
27.1.2 准时制生产	821	28.1.6 并行工程理论研究概述	861
27.1.3 丰田生产系统	824	28.1.7 并行工程支持环境	862
27.1.4 精益生产方式	825	28.1.8 并行工程实施的途径	864
27.2 计算机集成制造和智能制造	826	28.2 生产组织方法	865
27.2.1 计算机集成制造系统 (CIMS)	826	28.2.1 组织管理理念的溯源	865
27.2.2 智能制造	829	28.2.2 组织管理方法及其软件的发展 趋势	866
27.3 敏捷制造	832	28.3 基于作业的成本管理 (Activity- Based Costing——ABC)	869
27.3.1 敏捷制造的起源	832	28.3.1 传统成本计算弊端及作业成本 计算产生	870
27.3.2 敏捷制造的含义	833	28.3.2 作业成本计算的原理、程序及 方法	872
27.3.3 敏捷制造企业的主要特征、要 素和使能子系统	833	28.3.3 作业成本计算案例分析	874
27.3.4 敏捷制造中的管理	836	28.4 现代质量保障体系	876
27.3.5 敏捷制造的方法论	837	28.4.1 新的质量观	876
27.4 高效快速重组生产模式	838	28.4.2 现代质量保障系统	878
27.4.1 高效快速重组生产系统的概念	838	28.4.3 现代质量保障技术	879
27.4.2 高效快速重组生产系统的基本 特征	839	28.4.4 基于敏捷制造的质量保障	881
27.4.3 制造资源的快速有效集成	840	28.5 物流系统管理	882
27.4.4 高效快速重组生产系统的启示	843	28.5.1 概述	882
27.5 模式的企业实施研究	844	28.5.2 连锁经营与供应链管理	884
27.5.1 各种制造模式的分析比较	844	28.5.3 我国制造企业物流管理中存在 的问题及其合理化的途径	886
27.5.2 在我国推行先进制造模式的柔 性战略	845	28.6 现代管理信息系统	890
27.5.3 网络化制造的生产模式	846	28.6.1 概述	890
27.6 企业的实施案例	851	28.6.2 现代管理信息系统概念	890
27.6.1 第一汽车制造厂变速箱厂—— 准时化生产方式	851	28.6.3 现代管理信息系统信息基础设 施	891
27.6.2 上海富安工厂自动化有限公司 ——在虚拟制造环境下提高企 业资源效益的实践探索	853	28.6.4 现代管理信息系统与传统管理 信息系统的区别及变革	893
27.6.3 西安杨森制药有限公司——生 产流程再造	855	28.6.5 现代管理信息系统应用结构	895
参考文献	857	28.7 生产率工程	895
第 28 章 先进管理技术	858	28.7.1 生产率工程的概念	895
28.1 并行工程	858	28.7.2 混沌与提高竞争力的新生产率 模式	895
28.1.1 原有产品开发工作中的瓶颈	858	28.7.3 新型组织系统设计思路	897
28.1.2 并行实现了过程重组与优化	859	28.7.4 生产率改善支持系统	897