

国家示范性高等职业院校成果教材·机械系列

现代制造技术

第2版

卢小平 主编



清华大学出版社

内 容 简 介

本书较为全面地介绍了现代制造技术的主要相关内容。全书共分6章。第1章介绍了现代制造技术的发展历程、基本组成、主要特点以及发展趋势等；第2章介绍现代设计方法,包括计算机辅助设计、计算机辅助工艺规划、面向产品全生命周期的设计、绿色设计以及反求工程技术等；第3章介绍现代加工技术,包括超高速加工技术、超精密加工技术、现代特种加工技术、微型机械加工技术以及快速原型制造技术等；第4章介绍制造自动化技术,包括数控加工技术、工业机器人技术、柔性制造技术、计算机集成制造技术以及CAD/CAM集成技术等；第5章从现代制造管理的角度,介绍了全面质量管理、成组技术、即时生产、制造资源规划、企业资源规划等；第6章介绍先进制造技术,主要包括并行工程、敏捷制造、虚拟制造、绿色制造以及智能制造等。

本书可作为高职高专院校机械工程、制造自动化、机电一体化等专业的专业课教材,也可用作企业培训及工程技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

现代制造技术/卢小平主编.--2版.--北京:清华大学出版社,2011.3

(国家示范性高等职业院校成果教材·机械系列)

ISBN 978-7-302-24714-2

I. ①现… II. ①卢… III. ①机械制造工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第019488号

责任编辑:张秋玲

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:12.25 字 数:296千字

版 次:2011年3月第2版 印 次:2011年3月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00元

产品编号:039995-01

前言

制造业是支撑现代社会经济的最为重要的产业之一,制造技术是与制造业和制造系统相关的一系列技术的总和,它所涉及的领域非常广泛,所包含的内容也非常丰富。

现代制造技术是在传统机械制造技术的基础上发展起来的,两者的分界线大体上可以划在 20 世纪中叶,其主要特征表现为主流制造模式向着精密化、柔性化、集成化、智能化以及绿色化方向发展,并取得了累累硕果。

为了满足高职高专院校的机械工程、制造自动化、机电工程、管理工程等专业开设现代制造技术课程的需要,我们编写了这本教材。教材从现代设计技术、现代加工技术、制造自动化技术、现代制造管理以及先进制造技术等方面,介绍了现代制造技术的总体概貌,基本涉及现代制造技术的主要相关内容。全书共分 6 章,第 1 章绪论,主要介绍现代制造技术的发展历程、基本组成、主要特点以及发展趋势等;第 2 章现代设计技术,主要介绍计算机辅助设计、计算机辅助工艺规划、面向产品全生命周期的设计、绿色设计和反求工程技术等;第 3 章现代加工技术,主要介绍超高速加工技术、超精密加工技术、现代特种加工技术、微型机械加工技术以及快速原型制造技术等;第 4 章制造自动化技术,主要介绍数控加工技术、工业机器人技术、柔性制造技术、计算机集成制造技术以及 CAD/CAM 集成技术等;第 5 章现代制造管理,主要介绍全面质量管理、成组技术、即时生产、制造资源规划以及企业资源规划等;第 6 章先进制造技术,主要介绍并行工程、敏捷制造、虚拟制造、绿色制造以及智能制造等。

本教材第 1 版于 2003 年出版。承蒙广大读者的厚爱以及清华大学出版社的大力支持,现对教材进行修订,主要围绕近年来先进制造技术的最新进展,增加了包括基于泛在网络制造技术等内容,并对原书中存在的某些错误和纰漏进行了更正和修改。

本教材由北京信息职业技术学院卢小平担任主编,卢小平、吴为、李亚平、王本岩等承担各章节的编写任务。由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 制造业与制造技术	1
1.1.1 制造业是国民经济的重要领域	1
1.1.2 制造及制造技术的概念	1
1.2 制造技术的发展历程	2
1.2.1 传统制造技术的发展历程	2
1.2.2 现代制造技术的发展历程	3
1.3 现代制造技术的主要领域及分类	3
1.3.1 现代制造技术的主要领域	3
1.3.2 现代制造技术的分类	4
1.4 现代制造技术的特点及发展趋势	6
1.4.1 现代制造技术的特点	6
1.4.2 现代制造技术的发展趋势	6
习题	9
第 2 章 现代设计技术	10
2.1 概述	10
2.1.1 现代设计技术的概念	10
2.1.2 现代设计技术的发展及其意义	10
2.1.3 现代设计技术的方法	11
2.2 计算机辅助设计	12
2.2.1 概述	12
2.2.2 常规设计中的 CAD	13
2.2.3 概念设计 CAD	14
2.2.4 几何建模	15
2.2.5 CAD 的数据管理	20
2.2.6 CAD 技术的发展	22
2.3 计算机辅助工艺规划	23
2.3.1 CAPP 的主要功能	24
2.3.2 CAPP 系统的类型	24
2.3.3 CAPP 系统的应用	27
2.4 面向全生命周期的设计	27

2.4.1	概述	27
2.4.2	并行设计	28
2.4.3	面向应用领域的设计评价技术	31
2.4.4	产品数据交换技术	33
2.4.5	产品数据管理	35
2.5	绿色设计	36
2.5.1	概述	36
2.5.2	绿色设计的主要内容	37
2.5.3	绿色设计的关键技术	38
2.6	反求工程技术	41
2.6.1	概述	41
2.6.2	反求设计的对象类型	41
2.6.3	计算机辅助反求设计	43
	习题	44
第3章	现代加工技术	45
3.1	概述	45
3.1.1	现代加工技术的内涵	45
3.1.2	现代加工技术的特点	45
3.1.3	现代加工技术的发展趋势	46
3.2	超高速加工技术	46
3.2.1	概述	46
3.2.2	超高速加工机理	48
3.2.3	超高速加工单元制造技术	49
3.2.4	超高速加工用刀具与磨具	53
3.3	超精密加工技术	54
3.3.1	概述	54
3.3.2	超精密切削加工	55
3.3.3	超精密磨削和磨料加工	55
3.3.4	超精密特种加工	57
3.3.5	超精密加工技术的发展趋势	57
3.4	现代特种加工技术	58
3.4.1	概述	58
3.4.2	电火花加工技术	59
3.4.3	高能束加工技术	63
3.4.4	超声波加工技术	66
3.5	微型机械加工技术	68
3.5.1	概述	68
3.5.2	微型机械的微细加工工艺	69

3.5.3 微型机械加工技术的相关技术	72
3.6 快速原型制造技术	73
3.6.1 快速原型技术的概念	73
3.6.2 快速原型制造工艺	74
3.6.3 快速原型技术的特点及其应用	77
习题	80
第4章 制造自动化技术	81
4.1 概述	81
4.1.1 制造自动化的内涵	81
4.1.2 制造自动化技术的发展历程	82
4.1.3 制造自动化技术的发展趋势	82
4.2 数控加工技术	84
4.2.1 数控技术	84
4.2.2 数控机床	85
4.2.3 数控加工编程	88
4.3 工业机器人技术	94
4.3.1 概述	94
4.3.2 工业机器人的结构	95
4.3.3 工业机器人的运动轴系和自由度	96
4.3.4 工业机器人驱动与控制	97
4.3.5 工业机器人的应用	100
4.4 柔性制造技术	101
4.4.1 概述	101
4.4.2 柔性制造系统的组成	102
4.4.3 柔性制造系统的控制	104
4.4.4 柔性制造系统的发展	105
4.5 计算机集成制造技术	105
4.5.1 概述	105
4.5.2 CIMS 的发展过程	106
4.5.3 CIMS 的系统结构	107
4.5.4 CIMS 的特点及发展	109
4.6 CAD/CAM 集成技术	110
4.6.1 CAD/CAM 系统的组成	110
4.6.2 CAD/CAM 系统的集成方式	110
4.6.3 CAD/CAM 系统的关键技术	112
习题	113

第5章 现代制造管理	114
5.1 概述	114
5.1.1 制造管理技术的发展过程	114
5.1.2 现代制造管理技术的基本特点	114
5.2 产品质量管理	115
5.2.1 产品质量与质量管理	115
5.2.2 全面质量管理	117
5.2.3 质量认证体系	119
5.3 成组技术	120
5.3.1 成组技术的概念	120
5.3.2 零件分组方法	121
5.3.3 JLBM-1 零件分类编码系统	122
5.3.4 成组生产系统管理	123
5.4 即时生产	124
5.4.1 即时生产的概念	124
5.4.2 看板管理	125
5.4.3 JIT 的实施	126
5.5 企业资源规划	129
5.5.1 物料需求规划	129
5.5.2 制造资源规划	130
5.5.3 企业资源规划系统	136
习题	140
第6章 先进制造技术	141
6.1 概述	141
6.2 并行工程	142
6.2.1 概述	142
6.2.2 并行工程的关键技术	143
6.2.3 并行工程集成框架	150
6.3 敏捷制造	151
6.3.1 概述	151
6.3.2 敏捷制造的概念	152
6.3.3 敏捷制造的关键技术	153
6.4 虚拟制造	159
6.4.1 虚拟制造的概念	159
6.4.2 虚拟制造的分类	160
6.4.3 虚拟制造的研究领域	162
6.4.4 虚拟制造与其他技术的关系	163

6.4.5 虚拟制造的技术体系·····	164
6.4.6 虚拟制造的体系结构·····	165
6.5 绿色制造 ·····	167
6.5.1 概述·····	167
6.5.2 绿色制造的内涵·····	168
6.5.3 ISO 14000 认证体系 ·····	172
6.5.4 绿色制造的发展趋势·····	173
6.6 智能制造 ·····	175
6.6.1 泛在网络·····	175
6.6.2 泛在信息制造概述·····	177
6.6.3 泛在信息制造的关键技术·····	179
习题·····	184
参考文献·····	186

1.1 制造业与制造技术

1.1.1 制造业是国民经济的重要领域

从全球范围来看,制造业无疑是支撑现代社会经济的最为重要的产业。事实上,制造业是一个非常宽泛的概念,其领域既包括机械装备制造和电子产品制造,也包括非金属制品制造、成衣制造、玩具制造等。一般而言,制造业是将有关的制造资源,例如原材料、设备、工具、能源、资金、人力、技术以及信息等,转化为有价值的、可供人们利用和消费的产品与服务的行业。

制造业是创造社会财富的支柱产业,也是科学技术的基本载体。制造业的水平反映了一个国家和地区的经济实力、科技水平和生活水准,也就是说,制造业发展水平的高低是判断一个国家综合国力的重要依据。有关的统计资料显示,制造业为工业化国家创造了 60%~80% 的社会财富,制造业在国际贸易总额中占有 75% 的份额。因此,无论对于发达国家还是发展中国家,制造业都是国民经济的重要战略组成部分。

改革开放以来,我国的制造业得到了快速发展。特别是近 20 年里发展迅猛。2005 年,美国的制造业增加值为 17382 亿美元,日本的制造业增加值为 9752 亿美元,我国的制造业增加值为 7596 亿美元,位列全球第三。1990—2005 年,美国、日本制造业增加值的年增长率分别为 2.1% 和 0.65%,而我国制造业增加值的年增长率为 7.79%。这些数据表明,我国已经进入制造大国的行列。

1.1.2 制造及制造技术的概念

关于制造(manufacturing)的概念,可以说是一个不断发展的概念。早期的“制造”,指的是产品的机械工艺过程或机械加工过程。发展到今天,制造的内涵更为广泛,它不仅指具体的工艺过程,而且包括市场分析、产品设计、生产工艺过程、装配检验、计划管理、质量控制、销售服务等产品生命周期的全过程。制造涉及的工业领域也不再局限于机械制造,而是涉及机械、电子、化工、轻工、食品、军工等国民经济的诸多行业。这里引用国际生产工程学会(CIRP)给出的定义:制造是制造企业中所涉及产品设计、物料选择、生产计划、生产、质量保证、经营管理、市场销售和服务等一系列相关活动和工作的总称。

制造过程及其涉及的相应硬件和软件就构成了制造系统(manufacturing system)。关于制造系统的定义,国际上一些组织或学者也有不同的见解。例如,美国麻省理工学院(MIT)教授 Chryssolouris 将制造系统定义为由人、机器和装备以及物料流和信息流构成的一个组合体;日本京都大学教授人见胜人则认为制造系统可从3个方面定义:一是制造系统的结构,它是一个包括人员、生产设施、物料加工设备和其他附属装置等各种硬件的统一整体;二是制造系统的转变特性,它是生产要素的转变过程,特别是将原材料以最大生产率转变为产品;三是制造系统的过程,它是生产的运行过程,包括计划、实施和控制等。综合各种意见,一般可以认为,制造系统就是由制造过程及其所涉及的硬件(包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置),以及有关软件(包括制造理论、制造技术和制造信息等)组成的一个有机整体。

制造技术(manufacturing technology)是与制造业和制造系统相关的一系列技术的总和。可见,制造技术包含的内容非常丰富,涉及的领域非常广泛。现代制造技术是在传统机械制造技术的基础上发展起来的,其分界线大体上可以划在20世纪50年代,主要标志包括先后诞生的电子计算机、数控机床、工业机器人等。在随后的时间里,现代科技的迅猛发展,特别是以微电子技术、计算机技术等为代表的信息技术的飞速发展,对现代制造技术的发展产生了深刻的影响。

1.2 制造技术的发展历程

1.2.1 传统制造技术的发展历程

人类最早的制造活动可以追溯到新石器时代,当时,人们利用石器作为劳动工具,制作生活和生产用品,制造处于一种萌芽阶段;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、冶炼和锻造等较为原始的制造活动。

制造业发展的历史性转折点是18世纪中叶蒸汽机的发明。随着蒸汽机的大量使用,机械技术与蒸汽动力技术相结合,出现了以动力驱动为特征的制造方式,产生了第一次工业革命。而后,随着发电机和电动机的发明,电气化时代终于来临,电作为新的动力能源大大改变了机器结构和生产效率。这个阶段的制造业发展的一个标志就是开始使用机械加工机床。

19世纪末,内燃机的发明引发了制造业的又一次革命。20世纪初,制造业进入了以汽车制造为代表的批量生产时代,随后出现了流水生产线和自动机床。在制造管理思想方面,劳动分工制度和标准化技术相继问世。推动这种根本性变革的是两位美国人——泰勒(Taylor)和福特(Ford)。泰勒首先提出了以劳动分工和计件工资为基础的科学管理理论,而福特则率先推行零件可互换的标准化技术,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为特征的大批量生产方式。

以大规模生产方式为主要特征的制造技术,在20世纪50年代逐渐进入其鼎盛时期,制造业通过降低生产成本(主要是降低劳动力成本)和提高生产效率,形成了“规模效益”的工业化生产理念。大规模生产方式作为现代工业生产的一个重要特征,对人类社会的经济发展、社会结构、文化教育以及生活方式等,产生了深刻的影响。

1.2.2 现代制造技术的发展历程

20 世纪中叶,随着市场竞争的加剧,大规模生产方式面临新的挑战。20 世纪 60—70 年代,制造企业的生产方式开始向多品种、中小批量生产方式转变。与此同时,以大规模集成电路为代表的微电子技术,以及以微型计算机为代表的计算机技术的迅速发展,极大地促进了制造业的工艺与装备技术的进步,为制造企业实现多品种、中小批量的生产方式创造了有利条件。这个阶段诞生的制造技术与制造装备主要有计算机辅助设计(computer aided design, CAD)、计算机辅助工艺规划(computer aided process planning, CAPP)、计算机辅助工程(computer aided engineering, CAE)、计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM)、现代数控机床、柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)、即时生产(just in time, JIT)等。

20 世纪 80 年代,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发生了重大变化,出现了计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing systems, CIMS)、并行工程(concurrent engineering, CE)、精益生产(lean production, LP)等。

20 世纪 90 年代,伴随信息科技的飞速发展,制造技术迎来了新的发展时期。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。在这种时代背景下,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,成为制造企业赢得市场竞争的关键。围绕这一目标,出现了许多先进制造系统模式,如敏捷制造(agile manufacturing, AM)、虚拟制造(virtual manufacturing, VM)等。

进入 21 世纪,知识经济方兴未艾,以信息科技为代表的高新技术发展迅猛,全球化进程不断加速,这一切正在引发全球经济格局的巨大变革,同时带动制造技术向着智能化、绿色化的方向发展。

图 1-1 简要概括了制造技术的主要发展阶段。

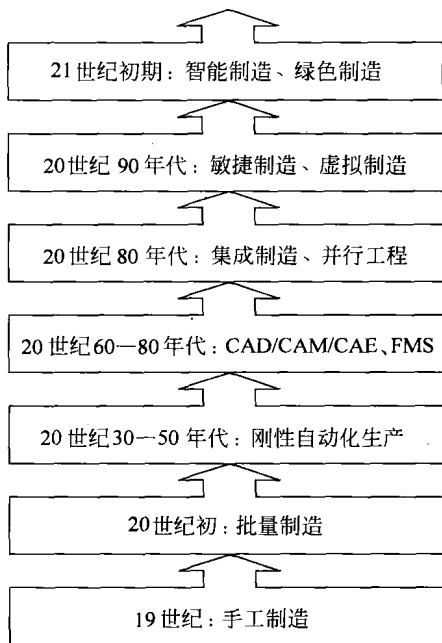


图 1-1 制造技术的发展阶段

1.3 现代制造技术的主要领域及分类

1.3.1 现代制造技术的主要领域

现代制造技术所涉及的领域和内容非常广泛,国际上通常采用“技术群”的概念来描述现代制造技术的基本体系结构,一般认为,现代制造技术主要包含 5 大技术群:

(1) 系统总体技术群。主要包括柔性制造、计算机集成制造、敏捷制造、智能制造等先进制造技术。

(2) 设计制造一体化技术群。主要包括计算机辅助设计/计算机辅助制造/计算机辅助工程、数控技术、自动化工厂、并行工程、虚拟制造等。

(3) 制造工艺与装备技术群。主要包括材料生产工艺及装备、常规热加工工艺及装备、高速/超高速工艺及装备、精密/超精密与纳米加工工艺及装备、特种加工工艺及装备等。

(4) 管理技术群。主要包括计算机辅助生产管理、物料需求规划/制造资源规划/企业资源规划、供应链管理、全面质量管理、即时生产、精益生产、企业业务流程再造等。

(5) 支撑技术群。主要包括标准化技术、计算机技术、软件工程、数据库技术、多媒体技术、通信技术、人工智能、虚拟现实技术、人机工程学、环境科学等。

美国机械科学研究院(AMST)提出了一种多层次技术群构成的体系,如图 1-2 所示。它强调现代制造技术从基础制造技术、新型制造单元技术到现代制造集成技术的发展阶段。

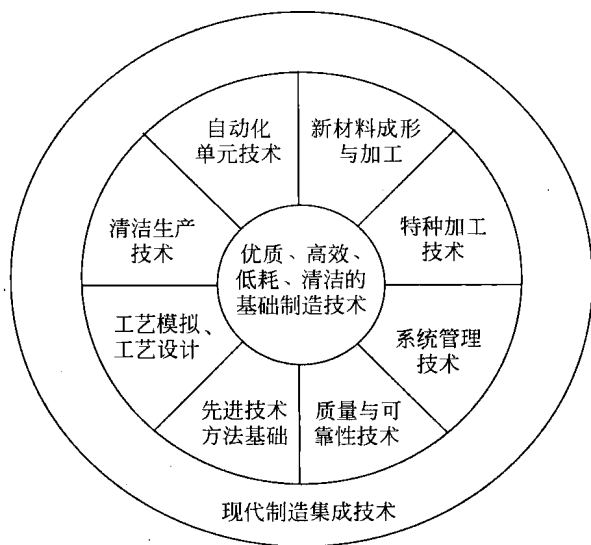


图 1-2 现代制造技术的多层次技术群结构

第 1 层次为优质、高效、低耗、清洁的基础制造技术。铸造、锻造、焊接、热处理、表面保护、机械加工等传统基础加工工艺仍然是生产中大量采用的经济适用的技术。从基础加工工艺中优化而成的优质、高效、低耗、清洁的基础制造技术,是现代制造技术的核心及重要组成部分。

第 2 层次为新型制造单元技术。这是在地市场需求及新兴产业带动下,制造技术与电子、信息、新材料、新能源、环境科学、系统工程、现代管理等技术结合而成的新型制造技术层。

第 3 层次为现代制造集成技术。这是计算机技术、信息技术和管理技术与制造技术相互融合,对上述两个层次的技术集成而形成的。

1.3.2 现代制造技术的分类

图 1-2 实际上已经从技术群的角度对现代制造技术做了一个分类,可以看出,现代制造

技术是一个涉及范围非常广泛、技术领域非常繁多的复杂系统。为便于学生学习与掌握制造技术的基本体系和主要内容,本书从制造技术的功能性角度,将现代制造技术简明地分为5大类型,并以此基本顺序,对现代制造技术的主要内容分别进行介绍。

1. 现代设计技术

现代设计技术是现代制造技术的基础。随着以微电子技术、信息技术、材料科学、系统科学、设计与制造科学、优化理论、人机工程等为代表的新一代科学技术的迅猛发展,现代设计技术也可谓日新月异,新的设计理念不断涌现,新的设计方法不断诞生,现代设计技术的深度和广度都得到了空前的拓展。先后出现了优化设计、有限元分析方法、计算机辅助设计、计算机辅助工艺规划、计算机辅助装配工艺设计、计算机辅助夹具设计、反求工程、面向产品全生命周期的设计、基于网络技术的异地设计、智能设计、虚拟设计、绿色设计等。

2. 现代加工技术

现代制造技术的发展也包含了机械制造工艺的变革与发展,因为制造工艺与加工方法是制造技术的核心和基础。现代加工技术主要涉及先进切削加工技术、成形加工技术、变形加工技术、表面工程技术以及特种加工技术等。随着机械制造工艺水平的提高,加工制造精度在不断提高,目前工业发达国家在加工精度方面已达到纳米级;由于超高速切削、超高速磨削技术的实际应用,以及车、铣、镗、钻、磨等不同工序与粗/精加工的不同工序的集成,极大地提高了机械加工的效率;制造材料如超硬材料、超塑材料、高分子材料、复合材料、工程陶瓷、非晶微晶合金、功能材料等不断推陈出新,扩展了加工对象,同时促进了崭新加工技术的出现;新的制造工艺理念的突破,也使得快速原型等新型加工模式层出不穷。

3. 自动化技术

制造自动化可以说是制造技术最显著的特征。制造自动化技术经历了一个长期的发展过程,从早期的刚性自动化、数控加工等阶段,发展到柔性制造、计算机集成制造等阶段。其中最为重要的内容,包括数控加工技术、工业机器人技术、柔性制造技术和计算机集成制造技术等。数控技术是自动化技术的基础及关键单元技术,又是精密、高效、高可靠性加工技术的支撑;机器人是一种高度柔性化的自动化设备,未来的典型制造工厂将是计算机网络控制的包含多个机器人加工单元的分布式自主制造系统;柔性制造适应于多品种、中小批量的生产,主要涉及柔性制造单元、柔性制造系统、柔性加工线、制造过程监控技术等;计算机集成制造的特征是强调制造全过程的系统性和集成性,它涉及的学科技术非常广泛,包括现代制造技术、管理技术、计算机技术、信息技术、自动化技术和系统工程技术等。

4. 制造管理技术

广义地讲,制造系统是由加工对象、制造装备以及人员组织等构成的一个有机整体,其中,企业的战略决策、组织架构、人力资源、信息流、物流等的管理与控制,也是非常重要的方面。纵观制造技术的发展历程,可以发现,在制造技术不断发展的同时,也伴随着制造管理技术的同步发展。20世纪初期,出现了大批量生产方式以及“流水生产线”管理技术;20世纪中叶至20世纪末,在制造领域先后出现了成组技术(group technology, GT)、全面质量管

理(total quality management, TQM)、物料需求规划(material requirement planning, MRP)、即时生产、精益生产、企业资源规划等科学的管理思想和管理方法;近10年来,在并行工程、敏捷制造、虚拟制造、绿色制造等先进制造技术中,更是蕴藏了丰富的管理科学理念和新型管理模式。

5. 先进制造技术

为了迎接知识经济时代的到来以及经济全球化的挑战,以信息技术为代表的高新技术被广泛应用于制造业,美国、日本及欧洲国家对先进制造技术进行了大量研究,提出了许多制造技术新概念、新思想和新模式,先后诞生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(intelligent manufacturing, IM)、绿色制造(green manufacturing, GM)等先进制造技术。通常将这些制造技术和制造模式称为先进制造技术(advanced manufacturing technology, AMT)。AMT是制造技术、计算机技术、通信技术、自动化技术以及管理科学等多学科技术综合运用于制造工程而形成的一个学科体系。进入21世纪,AMT正在向着柔性化、集成化、网络化、虚拟化、清洁化、智能化等方向发展。

1.4 现代制造技术的特点及发展趋势

1.4.1 现代制造技术的特点

现代制造技术的最大特点是计算机技术、信息技术、管理等科学与制造科学的交叉融合。与传统制造技术相比,现代制造技术具有以下特点:

(1) 研究范围更加广泛。传统制造技术一般是指加工制造过程的工艺方法,而现代制造技术则覆盖了从产品设计、加工制造到产品销售、使用、维修和回收的整个生命周期。

(2) 现代制造过程呈多学科、多技术交叉及系统优化集成的发展态势。传统制造技术的学科单一,界限分明,而现代制造技术的学科交叉、技术融合,形成了集成化的新技术。

(3) 基础是优质、高效、低耗、无污染或少污染的加工工艺,在此基础上形成了新的先进加工工艺与技术。

(4) 从单一目标向多元目标转变,强调优化制造系统的T(time, 产品上市时间)、Q(quality, 质量)、C(cost, 成本)、S(service, 服务)、E(environment, 环保)等要素,以满足日益激烈的市场竞争的要求。

(5) 正在从以物质流和能源流为要素的传统制造观向着以信息流、物质流及能源流为要素的现代制造观转变,信息流在制造系统中的地位已经超越了物质流和能源流。

(6) 特别强调以人为本,强调组织、技术与管理的集成,制造技术与生产管理相互融合、相互促进,制造技术的改进带动了管理模式的提高,而先进的管理模式又推动了制造技术的应用。

1.4.2 现代制造技术的发展趋势

进入21世纪,制造业面临新的挑战 and 机遇,现代制造技术正处在不断变化与完善之中。

为了适应经济全球化的需要、适应高新技术发展的需求、适应愈加激烈的市场竞争的需要,现代制造技术将向着精密化、柔性化、集成化、绿色化、智能化的方向发展。

1. 现代设计技术不断现代化

产品设计是制造业的灵魂,现代制造的设计方法和手段更加现代化,突出反映在新的设计思想、新的设计理念不断涌现,新的设计方法不断诞生,现代设计技术的深度和广度都得到了空前的拓展。现代设计技术由单一目标规划向多目标规划转变;现代设计由简单的、具体的、细节的设计转向复杂的总体设计和决策,要全面考虑包括设计、制造、检测、销售、使用、维修、报废等阶段的整个产品生命周期;现代设计由单纯考虑技术因素转向综合考虑技术、经济和社会因素,设计不是单纯追求某项性能指标的先进和高低,而注意考虑市场、价格、安全、美学、资源、环境等方面的影响;设计开发已经突破了时空的限制,实现了异地网络化设计;现代设计开发还在积极探求可持续发展的绿色设计之路。

2. 现代加工技术不断发展

成形制造技术正在向精密成形或净成形的方向发展,主要包括精密铸造技术、精密塑性成形技术和精密连接技术等。在超精密加工方面,目前的尺寸精度、形状精度和表面粗糙度均为纳米级,进入了纳米加工时代,细微加工、纳米加工技术可以达到 0.1nm。在超高速加工方面,目前的主轴速度最高可达 100000r/min,进给速度可达 100m/min,同时在加工对象方面也发展到一些难以加工的材料上。随着激光、电子束、离子束、分子束、等离子体、微波、超声波、电磁等新能源或能源载体的引入,形成了多种崭新的特种加工及高密度能束切割、焊接、熔炼、锻压、热处理、表面保护等加工工艺;随着超硬材料、高分子材料、复合材料、工程陶瓷、功能材料等新型材料的应用,扩展了加工对象,导致了某些新型加工技术的产生,例如超塑成形、等温锻造、扩散焊接等,再如超硬材料的高能束加工,陶瓷材料的热等静压、粉浆浇注、注射成形等。

3. 柔性化程度不断提高

柔性化是制造企业对市场需求多样化的快速响应能力,也即制造系统能够根据顾客的需求快速生产多样化的产品。制造系统的柔性化正在从计算机数控(computer numerical control,CNC)和 FMS 等底层加工系统柔性化向上层柔性化转变,随着并行工程和大量定制生产(mass customization,MC)的出现,为制造系统柔性化提供了新的发展空间。特别是大量定制生产模式,它可以根据每个用户的特殊需求,以大批量生产方式进行加工,实现了用户的个性化与生产规模化的有机结合。随着协作产品商务(collaborative product commerce,CPC)的出现,用户可以非常方便地通过 Internet 参与产品的开发设计、加工制造、营销服务等产品生命周期的活动(见图 1-3)。柔性化生产模式正在引发制造业的一场变革。

4. 集成化成为现代制造系统的重要特征

集成化是现代制造技术的一个显著特征。自 20 世纪后期以来,集成化问题一直是制造技术的研究重点。目前,制造系统集成化正在向深度和广度发展:从企业内部的信息集成、

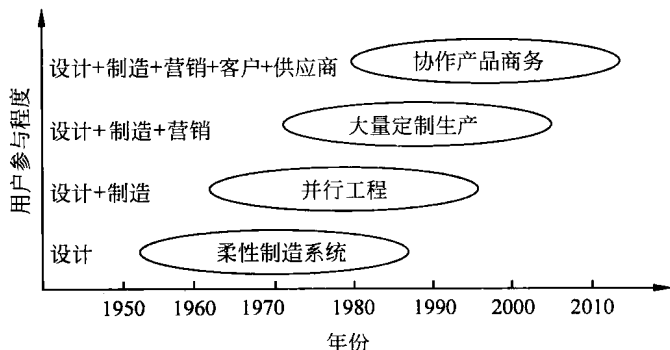


图 1-3 柔性化与用户参与程度

功能集成,发展为可实现整个产品生命周期的过程集成;从传统的“工厂集成”转向“虚拟工厂”,进一步发展到企业间的动态集成。信息集成用于实现自动化孤岛的联结,实现制造系统中的信息交换与共享;功能集成可实现企业要素诸如人员、技术及管理的集成;过程集成通过并行工程等实现产品开发过程、企业经营过程的优化;企业间的动态集成通过敏捷制造模式,建立虚拟企业(动态联盟),达到提升市场竞争力的目的,如图 1-4 所示。

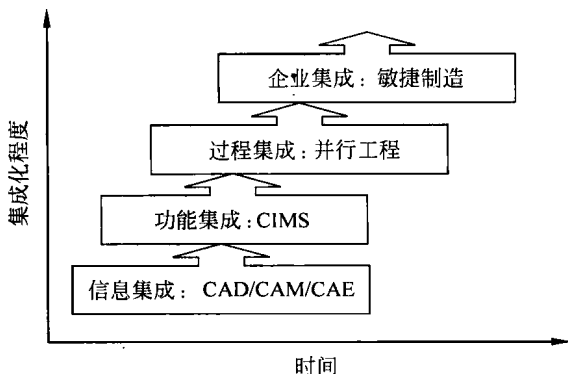


图 1-4 制造集成化发展趋势

5. 现代制造管理模式发生重大变化

随着制造技术从传统的福特生产模式向精益生产、并行工程、敏捷制造、虚拟制造等新型生产模式转变,同时伴随着新的制造管理模式的变革。制造管理技术的发展,其根本点将从以技术为中心向以人为中心转变;管理的价值观从注重资金、生产设备、能源和原材料等物力资本向注重教育、培训等人力资本建设转变;企业的组织架构将从金字塔式的科层结构向扁平的网络结构转变,从分工严密的固定组织形式向动态的、自主管理的小组工作组织形式转变;管理的权限从传统的中央集权模式向分权管理模式转变;管理活动的时空从传统的顺序工作方式向并行工作方式转变,强化快速响应的竞争策略。

6. 绿色制造成为未来制造业的必然选择

绿色制造被认为是 21 世纪制造技术的必然选择和发展趋势。绿色制造有时也被称为

环境意识制造,或者面向环境的制造。20世纪中叶以来,全球的工业化进程加速,但伴随而来的工业污染以及对环境的破坏也达到了前所未有的程度,使得世界面临资源匮乏、生态系统失衡、环境恶化的全球性危机。绿色制造的出现,是人类社会可持续发展战略在现代制造业的体现。绿色制造是一种综合考虑影响环境和资源效率的现代制造模式,它的目标是使产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废的整个生命周期中,对环境的负面影响最小,资源的效率最高。绿色制造的内涵涉及产品生命周期全过程中的制造问题、环境影响问题、资源优化问题等,它的实施将带来21世纪制造技术的一系列重要变革。

7. 基于泛在信息的智能制造前景广阔

进入21世纪,先进制造技术迎来了新的发展阶段,在智能制造领域,基于泛在信息的智能制造技术被认为是未来制造技术的主要发展方向。泛在信息制造技术是以泛在网络为基础、以泛在感知为核心、以泛在服务为目的、以泛在智能拓展和提升为目标的智能制造技术。随着工业以太网、传感器网络、无线射频识别、微电子机械系统等技术的成熟,智能制造技术进入了一个新的发展阶段。未来的制造环境建立在一个集成了感知、计算和控制等功能的泛在网络,通过网络化分布式智能设备的协同作用,极大地提升制造系统的智能化水平。泛在信息制造技术与传统制造技术的根本区别在于,对物理世界的感知能力得到根本性的提升,同时,沿着向下的感知延伸、向上的信息传播延伸两个方向展开,促使企业组织、制造流程、运作模式等方面产生深刻的变化,为未来先进制造技术的发展提供了广阔前景。

习题

- 1.1 简述制造技术的发展历程。
- 1.2 现代制造技术有哪些技术群?各自包含哪些主要内容?
- 1.3 简述现代制造技术的一般分类及其内涵。
- 1.4 现代制造技术有什么特点?
- 1.5 现代制造技术的发展趋势如何?