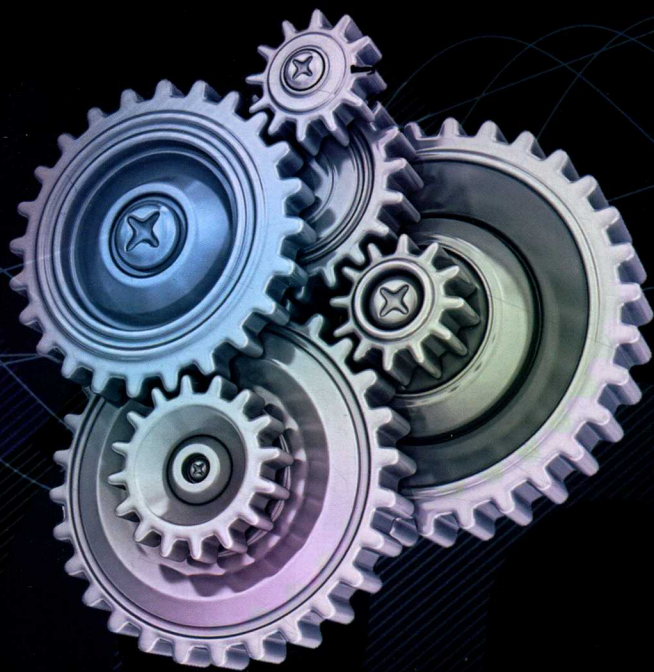




普通高等教育“十三五”规划教材

先进制造技术 (第4版)

◎ 刘忠伟 邓英剑 主 编
◎ 陈维克 邓根清 副主编

非
外
借



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十三五”规划教材

先进制造技术

(第4版)

刘忠伟 邓英剑 主 编

陈维克 邓根清 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

先进制造技术在传统制造技术的基础上融合计算机技术、信息技术、自动控制技术及现代管理理念等,所涉及的内容非常广泛,体现学科交叉融合的“新工科”先进理念。本书围绕先进制造技术的多个主题,系统地介绍各先进制造技术的基本知识、关键技术及其在实际中的应用,全书共5章,主要包括:绪论;先进设计技术;先进制造工艺技术;制造自动化技术;先进制造生产模式等。本书配套电子课件、习题参考答案等。

本书可作为高等学校机械工程及自动化专业、制造工程领域相关的其他专业相关课程的教材,也可作为制造行业的工程技术人员、管理人员阅读参考之用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术 / 刘忠伟, 邓英剑主编. —4 版. —北京: 电子工业出版社, 2017.8

ISBN 978-7-121-32492-5

I. ①先… II. ①刘… ②邓… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 197093 号

策划编辑: 王羽佳

责任编辑: 裴 杰

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 13.75 字数: 352 千字

版 次: 2006 年 8 月第 1 版

2017 年 8 月第 4 版

印 次: 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254535, wyj@phei.com.cn。

前 言

先进制造技术是制造业不断吸收信息技术及现代化管理等方面的成果，并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务乃至回收的制造全过程，以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产，提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力的制造技术的总称。先进制造技术是发展国民经济的重要基础技术之一，对我国的制造业发展有着举足轻重的作用，体现学科交叉融合的“新工科”先进理念。

本书共 5 章，主要内容包括：绪论；先进设计技术；先进制造工艺技术；制造自动化技术；先进制造生产模式。各章节既有联系，又有一定的独立性。

本书力求语言简练、条理清晰、深入浅出，尽可能做到理论性与实用性相结合，在一些先进制造技术的后面，给出了一些应用实例。本书配套电子课件、习题参考答案等教辅资源，请登录华信教育资源网（<http://www.hxedu.com.cn>）注册下载。

本书可作为高等院校机械工程及自动化专业教材，也适用于与制造工程领域相关的其他专业，也可作为制造行业的工程技术人员、管理人员阅读参考之用。

本书由湖南工业大学刘忠伟、邓英剑任主编，陈维克、邓根清任副主编，长江学者特聘教授、中南大学机电学院黄明辉教授任主审。第一章、第四章由刘忠伟教授编写，第二章由邓英剑教授编写，第三章由陈维克教授编写，第五章由邓根清副教授编写。全书由刘忠伟统稿，黄明辉教授审阅了全书，并提出许多宝贵意见，在此谨表谢意。

湖南工程学院的邓奕教授也对本书提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于先进制造技术所涉及的内容极其广泛、学科跨度大，同时发展迅猛，加之作者水平有限，书中难免存在一些错误与不足之处，敬请专家及读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 制造、制造业及制造技术	1
一、制造、制造技术和制造业的定义	1
二、传统制造业及其技术的发展	2
三、现代制造及其技术的发展	3
第二节 先进制造技术的内涵及体系结构	4
一、先进制造技术产生的背景	4
二、先进制造技术 (AMT) 的定义	5
三、先进制造技术的内涵及技术构成	5
四、先进制造技术的特点	6
五、先进制造技术的体系结构	7
六、先进制造技术的分类	8
第三节 先进制造技术的发展	10
一、各国先进制造技术发展概况	10
二、我国先进制造技术的发展状况	13
三、先进制造技术的发展趋势	15
复习思考题	20
第二章 先进设计技术	21
第一节 概述	21
一、先进设计技术的定义	21
二、先进设计技术的特点	21
三、先进设计技术的技术体系	22
第二节 计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD)	23
一、CAD 的定义	23
二、CAD 系统的基本功能	23
三、CAD 系统的组成	24
四、CAD 系统的建模技术	25

第三节 可靠性设计 (Reliability Design, RD)	27
一、可靠性的定义	27
二、可靠性设计的主要内容	28
三、可靠性设计的常用指标	28
四、系统的可靠性设计	30
第四节 反求工程 (Reverse Engineering, RE)	33
一、反求工程的含义	33
二、反求工程的研究内容	34
三、反求工程的关键技术和相关技术	35
第五节 并行工程 (Concurrent Engineering, CE)	37
一、并行工程的产生	37
二、并行工程的定义及运行特性	39
三、并行工程的体系结构及关键技术	41
第六节 绿色设计 (Green Design, GD)	44
一、绿色设计的概念和内涵	44
二、绿色设计的设计原则及其主要内容	44
复习思考题	47
第三章 先进制造工艺技术	48
第一节 概述	48
一、机械制造工艺技术的定义和内涵	48
二、先进制造工艺技术定义及内容	49
三、先进制造工艺技术的特点	50
第二节 超精密加工技术	50
一、概述	50
二、超精密车削技术	51
三、超精密磨削和磨料加工技术	52
第三节 高速切削技术	56
一、概述	56
二、高速切削的关键技术	57
三、高速切削的应用	60
第四节 生物制造技术	63
一、生物制造的概念	63
二、生物制造研究的主要内容及方向	64
第五节 非传统加工技术	66

一、概述	66
二、电火花加工	67
三、高能束加工	69
四、复合加工	76
五、水喷射加工	79
第六节 快速原型制造技术	81
一、概述	81
二、快速原型制造技术的工艺方法	84
三、快速原型制造技术的应用	96
四、快速原型制造技术的发展趋势	100
复习思考题	102
第四章 制造自动化技术	103
第一节 概述	103
一、制造自动化技术内涵	103
二、制造自动化技术的发展历程	104
三、制造自动化技术的发展趋势	104
第二节 工业机器人	105
一、概述	105
二、工业机器人的机械结构	112
三、工业机器人的驱动系统	115
四、工业机器人的控制系统与编程	116
五、工业机器人用传感器	122
六、工业机器人技术的发展趋势	127
第三节 柔性制造系统(FMS)技术	128
一、概述	128
二、FMS 的加工系统	132
三、FMS 的物料运储系统	138
四、FMS 的刀具管理系统	146
五、FMS 的控制系统	152
复习思考题	154
第五章 先进制造生产模式	156
第一节 概述	156
一、先进制造生产模式的本质和创立基点	156

二、先进生产模式的战略目标	157
第二节 计算机集成制造系统 (CIMS)	157
一、CIMS 的基本概念及其发展概况	157
二、CIMS 的基本组成、体系结构及其关键技术	161
三、CIMS 工程的设计与实施	170
第三节 敏捷制造 (AM)	173
一、敏捷制造产生的背景	173
二、敏捷制造的定义	174
三、敏捷制造的组成	174
四、敏捷制造实施模式	175
第四节 智能制造 (IM)	179
一、智能制造的提出	179
二、智能制造的定义	180
三、智能制造系统的特征	181
四、智能制造系统的构成及典型结构	182
五、智能制造系统的主要支撑技术	183
第五节 绿色制造 (GM)	183
一、绿色制造的提出	183
二、绿色制造的定义及特点	184
三、绿色制造的主要研究内容	185
四、绿色制造的发展趋势	191
第六节 虚拟制造 (VM)	193
一、虚拟制造的定义及特点	193
二、虚拟制造的关键技术	194
三、虚拟制造系统	200
第七节 精良生产 (LP)	202
一、精良生产提出的背景	202
二、精良生产的含义	203
三、精良生产的体系结构及其特点	203
四、准时制生产	205
复习思考题	209
参考文献	210

第一章 绪 论

先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)源于20世纪80年代末的美国。它是制造业不断吸收信息技术及现代化管理等方面的成果,并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务乃至回收的制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力的制造技术的总称。

本章介绍了制造技术、先进制造技术的基本概念、制造业的基本概念、制造业的发展和我国制造业的现状以及制造技术的基本概念;论述了先进制造技术的内涵、特点、体系结构和分类,提出了先进制造技术的发展趋势。

第一节 制造、制造业及制造技术

一、制造、制造技术和制造业的定义

1. 制造(Manufacturing)是人类按照市场的需求,运用主观掌握的知识和技能借助于手工或可以利用的客观物质工具,采用有效的方法,将原材料转化为最终物质产品,并投放市场的全过程。

就“制造过程”而言又有狭义与广义之分。

(1) 狭义制造,又称“小制造”,就是指产品的加工和装配过程。

(2) 广义制造,又称“大制造”或“现代制造”,它指产品的全生命周期,包括市场调研和预测、产品设计、选材和工艺设计、生产加工、质量保证、生产过程管理、营销、售后服务等产品寿命周期内一系列相互联系的活动。

2. 制造业是所有与制造有关的企业机构的总体。

它是将制造资源(物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等),通过制造过程,转化为可供人们使用与利用的工业品与生活消费品的行业,它涉及国民经济的许多部门,是国民经济和综合国力的支柱产业。它一方面创造价值,生产物质财富和新的知识,另一方面为国民经济各个部门包括国防和科学技术的进步与发展提供先进的手段和装备。

在工业化国家中,约有1/4的人口从事各种形式的制造活动,在非制造业部门中约有半数

人的工作性质与制造业密切相关。纵观世界各国,如果一个国家的制造业发达,它的经济必然强大。大多数国家和地区的经济腾飞,制造业功不可没。例如日本、新加坡、韩国、中国台湾、中国香港等。

3. 制造技术(Manufacturing Technology)是完成制造活动所需的一切手段的总和,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。健康发达的高质量制造业必然有先进的制造技术作为后盾。

二、传统制造业及其技术的发展

人类文明的发展与制造业的进步密切相关。在石器时代,人类利用天然石料制作劳动工具,以采集利用自然资源作为主要生活手段。到青铜器、铁器时代,人们开始采矿、冶炼铸锻工具、织布、打造工具,满足以农业为主的自然经济的需要,采取的是作坊式手工业的生产方式。生产用的原动力主要是人力,局部利用水力和风力。直到1765年,瓦特发明蒸汽机,纺织业、机器制造业才取得革命性的变化,引发了第一次工业革命,近代工业化大生产开始出现。到1820年奥斯特发现电磁效应,安培提出电流相互作用定律,1831年法拉第提出电磁感应定律,1864年麦克斯韦电磁场理论的建立,为发电机、电动机的发明奠定了科学基础,从而迎来电气化时代。以电作为动力源,改变了机器的结构,开拓了机电制造技术的新局面。

19世纪末20世纪初,内燃机的发明,自动机床、自动线的相继问世,以及产品部件化、部件标准化和科学管理思想的提出,掀起制造业革命的新浪潮。20世纪中期,电力电子技术和计算机技术的迅猛发展及其在制造领域所产生的强大的辐射效应,更是极大地促进了制造模式的演变和产品设计 with 制造工艺的紧密结合,也推动了制造系统的发展和管理方式的变革。同时,制造技术的新发展也为现代制造科学的形成创造了条件。

回顾制造技术的发展,从蒸汽机出现到今天,主要经历了三个发展阶段:

1. 用机器代替手工,从作坊形成工厂

18世纪后半叶,以蒸汽机和工具机的发明为特征的产业革命,揭开了近代工业的历史,促成了制造企业的雏形——工场式生产的出现,标志着制造业已完成从手工业作坊式生产到以机械加工厂和分工原则为中心的工厂生产的艰难转变。20世纪初,各种金属切削加工工艺方法陆续形成,近代制造技术已成体系。它产生于英国,19世纪先后传到法国、德国和美国,并在美国首先形成了小型的机械工厂,使这些国家的经济得到了发展,国力大大增强。

2. 从单件生产方式发展成大量生产方式

推动这种根本变革的是两位美国人:泰勒和福特。泰勒首先提出了以劳动分工和计件工资制为基础的科学管理,成为制造工程科学的奠基人。福特首先推行所有零件都按照一定的公差要求来加工(零件互换技术),1913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量生产方式, 它对社会结构、劳动分工、教育制度和经济发展, 都产生了重大的作用。20 世纪 50 年代发展到了顶峰, 产生了工业技术的革命和创新, 传统制造业及其大工业体系也随之建立和逐渐成熟。近代传统制造工业技术体系的形成, 其特点是以机械—电力技术为核心的各类技术相互联结和依存的制造工业技术体系。

3. 柔性化、集成化、智能化和网络化的现代制造技术

由于传统制造是以机械—电力技术为核心的各类技术相互联结和依存的制造工业技术体系, 其支撑技术的发展, 决定了传统制造业的生产和技术有如下特点:

(1) 单件小作坊式生产加高度的个人制造技巧, 大量的机械化刚性规模生产加一体化的组织生产模式, 再加细化的专业分工。

(2) 制造技术的界限分明及其专业的相互独立。

(3) 制造技术一般仅指加工制造的工艺方法, 即制造全过程中某一段环节的技术方法。

(4) 制造技术一般只能控制生产过程中的物料流和能量流。机械加工工艺系统输入的是材料或坯料及相应的刀具、量具、夹具体、润滑油、切削液和其他辅助物料等, 经过输送、装夹、加工和检验等过程, 最后输出半成品或成品。

整个加工过程是物料的输入和输出的动态过程。这种以加工设备和加工工艺为中心, 以有形的物质为对象, 用以改变物料的形态和地点变化的运动过程被称为物料流; 机械加工过程的各种运动, 特别是物料的运动、材料的加工厂变形均需要能量来维持, 这种能量的消耗、转换、传递的过程称为能量流。

为保证机械加工过程的正常进行, 必须集成各方面的信息, 包括加工任务、加工方法、刀具状态、工件要求、质量指标、切削参数等。所有这些信息构成了机械加工过程的信息系统, 这个系统不断地和机械加工过程的各种状态进行信息交换, 从而有效地控制机械加工过程, 以保证机械加工的效率和产品质量。这种信息在机械加工系统中的作用过程称为信息流。

(5) 制造技术与制造生产管理的分离。

三、现代制造及其技术的发展

自然科学的进步促进了新技术的发展和传统技术的革新、发展及完善, 产生了新兴材料技术(新冶炼技术、新合金材料、高分子材料、无机非金属材料、复合材料等), 新切削加工技术(数控机床、新刀具、超高速和精密加工), 大型发电和传输技术, 核能技术, 微电子技术(集成电路、计算机、电视、广播和雷达), 自动化技术, 激光技术, 生物技术和系统工程技术。

另外, 人类社会在跨入 20 世纪后, 物质需求不断提高, 在科学和技术进步的同时, 受到地球有限资源和环境条件约束, 随着全球市场的逐渐形成, 世界范围的竞争日益加剧, 日益提高的生活质量要求与世界能源的减少和人口增长的矛盾更加突出。因此, 社会发展对其经

济支撑行业——制造业及其技术体系提出了更高的需求,要求制造业具有更加快速和灵活的市场响应、更高的产品质量、更低的成本和能源消耗以及良好的环保特性。这一需求促使传统制造业在 20 世纪开始了又一次新的革命性的变化和进步,传统制造开始向现代制造发展。

现代制造及其技术的形成和发展特点如下:

1. 在市场需求不断变化的驱动下,制造的生产规模沿着以下方向发展:小批量→少品种大批量→多品种变批量。

2. 在科技高速发展的推动下,制造业的资源配置呈现出从劳动密集型→设备密集型→信息密集型→知识密集型变化。

3. 生产方式上,其发展过程是:手工→机械化→单机自动化→刚性流水自动线→柔性自动线→智能自动化。

4. 在制造技术和工艺方法上,现代制造在发展中,其特征表现为:重视必不可少的辅助工序,如加工前后处理;重视工艺装备,使制造技术成为集工艺方法、工艺装备和工艺材料为一体的成套技术;重视物流、检验、包装及储藏,使制造技术成为覆盖加工全过程(设计、生产准备、加工制造、销售和维修,甚至再生回收)的综合技术,不断发展优质高效低耗的工艺及加工方法,以取代落后工艺;不断吸收微电子、计算机和自动化等高新技术成果,形成 CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计)、CAM (Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造)、CAPP (Computer Aided Processing Planning, 计算机辅助工艺规划)、CAT (Computer Aided Testing, 计算机辅助测试)、CAE (Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程)、NC (Numerical Control, 数字控制技术)、CNC (Computer Numerical Control, 计算机数字控制)、MIS (Management Information System, 计算机管理信息系统)、FMS (Flexible Manufacturing System, 柔性制造系统)、CIMS (Computer Integrated Manufacturing System, 计算机集成制造系统)、IMT (Intelligent Manufacturing Technology, 智能制造技术)、IMS (Intelligent Manufacturing System, 智能制造计划)等一系列现代制造技术,并实现上述技术的局部或系统集成,形成从单机到自动生产线等不同档次的自动化制造系统。

5. 引入工业工程和并行工程 (Concurrent Engineering, CE) 概念,强调系统化及其技术和管理的集成,将技术和管理有机地结合在一起,引入先进的管理模式,使制造技术及制造过程成为覆盖整个产品生命周期,包含物质流、能量流和信息流的系统工程。

第二节 先进制造技术的内涵及体系结构

一、先进制造技术产生的背景

AMT 最早源于美国。美国制造业在“二战”及稍后时期得到了空前的发展,形成了一支

强大的研究开发力量,成为当时制造业的霸主,制造业可以说是美国经济的主要支柱,因为美国财富的 68%来源于制造业。战后国际环境发生了很大的变化,军事对峙和显示实力刺激制造业发展的背景减弱了。由于美国长期受强调基础研究的影响,忽视制造技术的发展,到 20 世纪 70 年代日本和德国经济恢复时,美国制造业遇到了强有力的挑战,汽车业、家用电器业、机床业、半导体业、应用电子工业、钢铁业的霸主地位相继退位,连优势最为明显的航天、航空业也遇到了强有力的竞争,出口产品的竞争力大大落后于日本和德国,对外贸易逆差与日俱增,经济滞胀,发展缓慢。而日本在过去几十年内不断地主动采用制造新技术,已使其制造业成为公认的世界领袖。

20 世纪 80 年代初期,美国一批有识之士相继发表言论,对美国制造业的衰退进行了反思,强调了制造技术与国民经济及国力的至关重要的相依关系,强调了制造技术的重要性。在此背景下,克林顿政府在上台后,相继提出了两个颇有号召力的口号:“为美国的利益发展技术”“技术是经济的发动机”,强调了具有明确的社会经济目标的关键技术的重要性,制订了国家关键技术计划,并对其技术政策做了重大调整。美国先进制造技术也就是在这样一个社会经济背景下出台了。此后,AMT 在诸多国家和地区得到广泛的应用。

二、先进制造技术 (AMT) 的定义

先进制造技术是为了适应时代要求,提高竞争能力,对制造技术不断优化及推陈出新而形成的。先进制造技术作为一个专有名词提出后,至今没有一个明确的、公认的定义。

经过近来对发展先进制造技术方面开展的工作,通过对其特征的分析研究,可以认为:“先进制造技术 (AMT) 是制造业不断吸收信息技术及现代化管理等方面的成果,并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务乃至回收的制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力的制造技术的总称。”

三、先进制造技术的内涵及技术构成

先进制造技术的内涵是“使原材料成为产品而采用的一系列先进技术”,其外延则是一个不断发展更新的技术体系,不是固定模式,它具有动态性和相对性,因此,不能简单地理解为就是 CAD、CAM、FMS、CIMS 等各项具体的技术。

先进制造技术在不同发展水平的国家和同一国家的不同发展阶段,有不同的技术内涵和构成,对我国而言,它是一个多层次的技术群。先进制造技术的内涵和层次及其技术构成如图 1-1 所示。

1. 基础技术

第一层次是优质、高效、低耗、清洁基础制造技术。铸造、锻压、焊接、热处理、表面

保护、机械加工等基础工艺至今仍是生产中大量采用、经济适用的技术，这些基础工艺经过优化而形成的优质、高效、低耗、清洁基础制造技术是先进制造技术的核心及重要组成部分。这些基础技术主要有精密下料、精密成形、精密加工、精密测量、毛坯强韧化、精密热处理、优质高效连接技术、功能性防护涂层等。

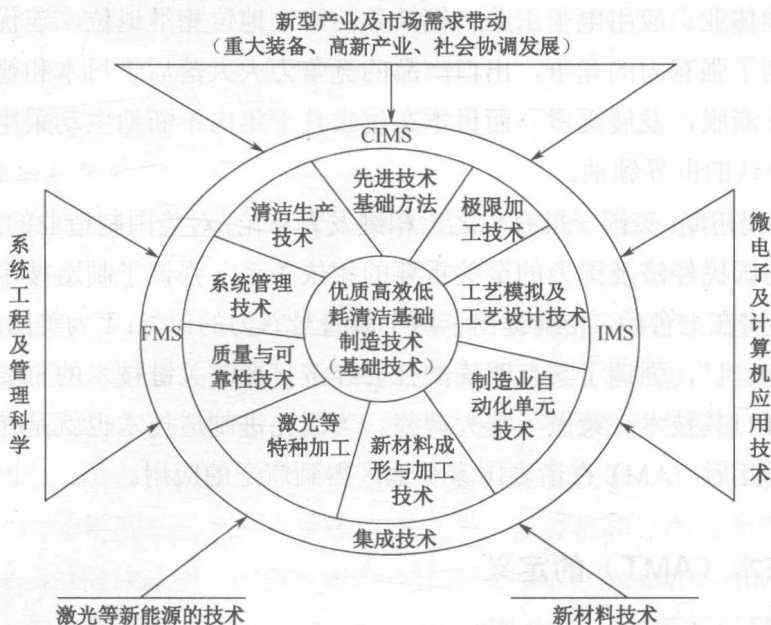


图 1-1 先进制造技术的内涵、层次及其技术构成

2. 新型的制造单元技术

第二个层次是新型的先进制造单元技术。这是在市场需求的带动下，制造技术与电子、信息、新材料、新能源、环境科学、系统工程、现代管理等高新技术结合而形成的崭新的制造技术。如：制造业自动化单元技术、极限加工技术、质量与可靠性技术、系统管理技术、CAD/CAM、清洁生产技术、新材料成形与加工技术、激光与高密度能源加工技术、工艺模拟及工艺设计优化技术等。

3. 集成技术

第三个层次是先进制造集成技术。这是应用信息、计算机和系统管理技术对上述两个层次的技术局部或系统集成而形成的先进制造技术的高级阶段。如 FMS、CIMS、IMS 等。

以上三个层次都是先进制造技术的组成部分，但其中每一个层次都不等于先进制造技术的全部。

四、先进制造技术的特点

1. 先进性

先进制造技术的核心和基础是经过优化的先进工艺（优质、高效、低耗、清洁工艺），它

从传统制造工艺发展起来，并与新技术实现了局部或系统集成。

2. 广泛性

先进制造技术不是单独分割在制造过程的某一环节，而是将其综合运用于制造的全过程，它覆盖了产品设计、生产设备、加工制造、销售使用、维修服务，甚至回收再生的整个过程。

3. 实用性

先进制造技术的发展是针对某一具体的制造目标（如汽车制造、电子工业）的需求，而发展起来的先进、适用技术，有明确的需求导向；先进制造技术不是以追求技术的高新度为目的，而是注重产生最好的实践效果，以提高企业竞争力和促进国家经济增长和综合实力为目标。

4. 集成性

先进制造技术由于专业、学科间的不断渗透、交叉、融合，界限逐渐淡化甚至消失，技术趋于系统化、集成化，已发展成为集机械、电子、信息、材料和管理技术为一体的新兴交叉学科，因此可以称其为“制造工程”。

5. 系统性

随着微电子、信息技术的引入，先进制造技术能驾驭信息生成、采集、传递、反馈、调整的信息流动过程。先进制造技术是可以驾驭生产过程的物质流、能量流和信息流的系统工程。

6. 动态性

它不断地吸收各种高新技术成果，将其渗透到企业生产的所有领域和产品寿命循环的全过程，实现优质、高效、低耗、清洁、灵活地生产。

五、先进制造技术的体系结构

1994 年，美国联邦科学、工程和技术协调委员会（FCCSET）下属的工业和技术委员会先进制造技术工作组提出，将先进制造技术分为三个技术群：① 主体技术群；② 支撑技术群；③ 制造技术环境。这三个技术群相互联系、相互促进，组成一个完整的体系，每个部分均不可缺少，否则就很难发挥预期的整体功能效益。图 1-2 给出了先进制造技术的体系结构。

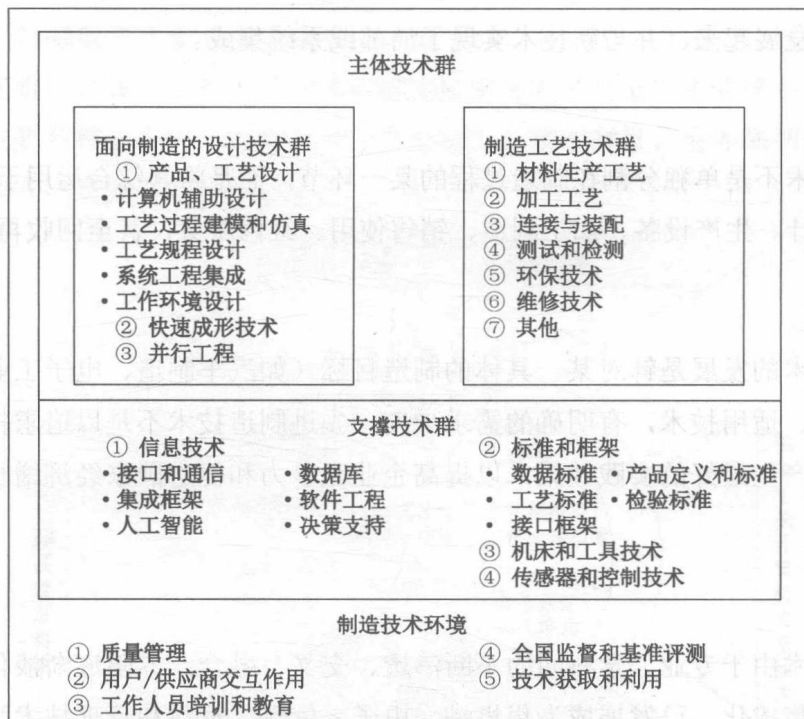


图 1-2 先进制造技术的体系结构

六、先进制造技术的分类

先进制造技术已不是一般单指加工过程的工艺方法，而是横跨多个学科，包含了从产品设计、加工制造到产品销售、用户服务等整个产品生命周期全过程的所有相关技术，涉及设计、工艺、加工自动化、管理以及特种加工等多个领域。将目前各国掌握的制造技术系统化，对先进制造技术的研究分为下述四大领域。

1. 先进设计技术

(1) 计算机辅助设计技术 包括：有限元法；优化设计；反求工程技术；模糊智能 CAD；工程数据库等。

(2) 性能优良设计基础技术 包括：可靠性设计；安全性设计；动态分析与设计；防断裂设计；疲劳设计；防腐蚀设计；减摩和耐磨损设计；健壮设计；耐环境设计；维修性设计和维修性保障设计；测试性设计；人机工程设计等。

(3) 竞争优势创建技术 包括：快速响应设计；智能设计；仿真与虚拟设计；工业设计；价值工程设计；模块化设计等。

(4) 全寿命周期设计技术 包括：并行设计；面向制造的设计；全寿命周期设计。

(5) 可持续性发展产品设计技术 主要有绿色设计。

(6) 设计试验技术 包括：产品可靠性试验；产品环保性能试验与控制、仿真试验与虚拟试验。

具体内容本书在第二章介绍。

2. 先进制造工艺技术

(1) 精密洁净铸造成形工艺 包括：外热冲天炉熔炼、处理、保护成套技术；钢液精炼与保护技术；近代化学固化砂铸造工艺；高效金属型铸造工艺与设备；气化膜铸造工艺与设备；铸造成形工艺模拟和工艺 CAD。

(2) 精确高效塑性成形工艺 包括：热锻生产线成套技术；精密辊锻和楔横轧技术；大型覆盖件冲压成套技术；精密冲裁工艺；超塑和等温成形工艺；锻造成形模拟和工艺 CAD 等。

(3) 优质高效焊接及切割技术 包括：新型焊接电源及控制技术；激光焊接技术；优质高效低稀释率堆焊技术；精密焊接技术；焊接机器人；现代切割技术；焊接过程的模拟仿真与专家系统。

(4) 优质低耗洁净热处理技术 包括：可控气氛热处理；真空热处理；离子热处理；激光表面合金化；可控冷却。

(5) 高效高精机械加工工艺 包括：精密加工和超精密加工；高速磨削；变速切削；复杂型面的数控加工；游离磨料的高效加工等。

(6) 现代特种加工工艺 包括：激光加工；复合加工；微细加工和纳米技术；水力加工等。

(7) 新型材料成形与加工工艺 包括：新型材料的铸造成形；新型材料的塑性成形；新型材料的焊接；新型材料的热处理；新型材料的机械加工。

(8) 优质清洁表面工程新技术 包括：化学镀非晶态技术；新型节能表面涂装技术；铝及铝合金表面强化处理技术；超声速喷涂技术；热喷涂激光表面重熔复合处理技术；等离子化学气相沉积技术；离子辅助沉积技术。

(9) 快速模具制造技术 包括：锻模 CAD/CAM 一体化技术；快速原型制造技术等。

具体内容本书在第三章介绍。

3. 制造自动化技术

制造自动化是指用机电设备工具取代或放大人的体力，甚至取代和延伸人的部分智力，自动完成特定的作业，包括物料的存储、运输、加工、装配和检验等各个生产环节的自动化。制造自动化技术涉及数控技术、工业机器人技术和柔性制造技术，是机械制造业最重要的基础技术之一。

(1) 数控技术 包括数控装置；送给系统和主轴系统；数控机床的程序编制。

(2) 工业机器人 包括机器人操作机；机器人控制系统；机器人传感器；机器人生产线总体控制。

(3) 柔性制造系统 (FMS) 包括 FMS 的加工系统；FMS 的物流系统；FMS 的调度与