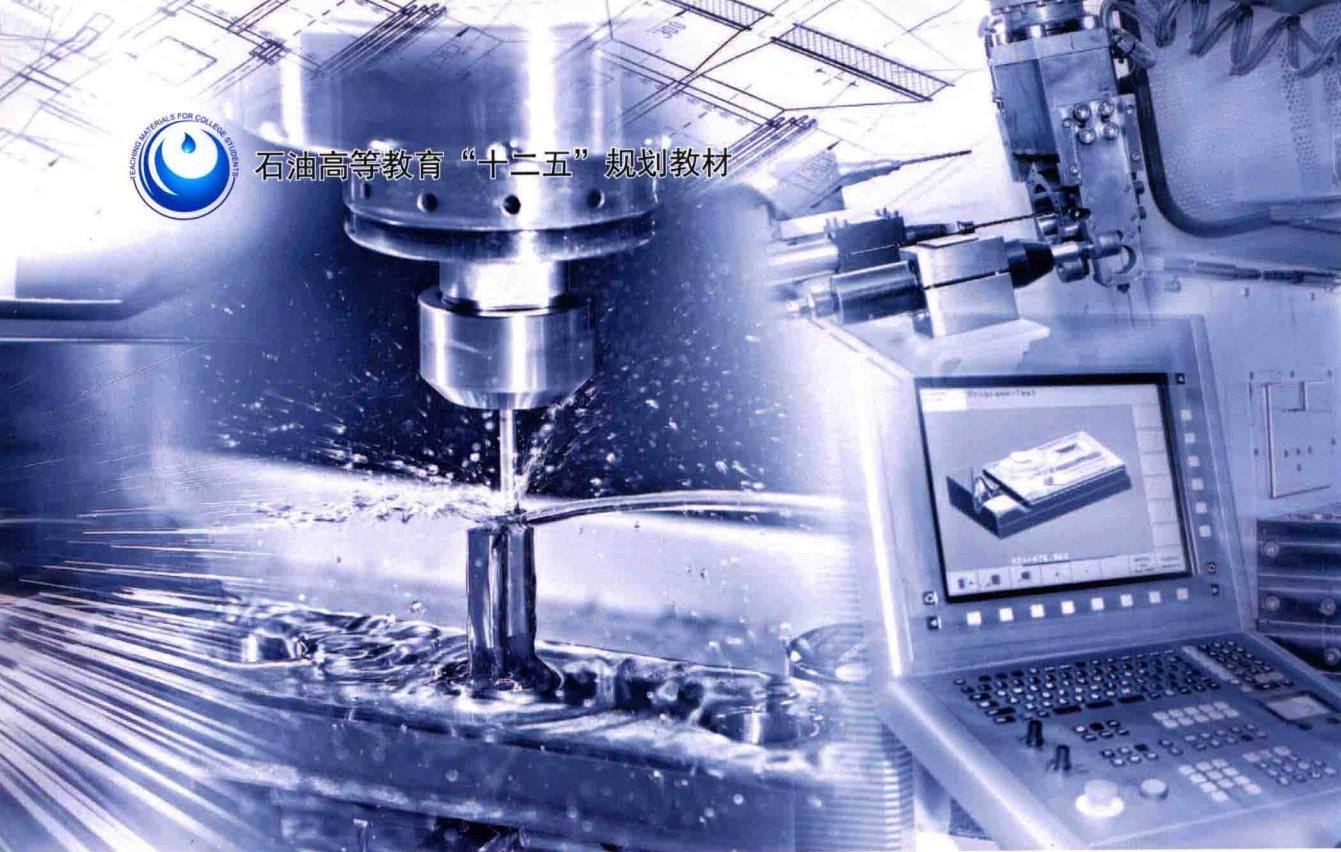




石油高等教育“十二五”规划教材



现代制造技术

XIANDAI ZHIZAO JISHU

主 编 王世敬 张立军

副主编 李小明



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS



石油高等教育“十二五”规划教材



介 简 容 内



PREFACE 前言

现代制造技术

主 编 王世敬 张立军

副主编 李永朋

特别注重以下几点:

一是理论知识与实际应用的联系。注重理论知识的精简提炼,并结合工程领域的实际应用,对所涉及的一流技术的基本概念、关键技术、发展水平和应用前景进行清晰的阐述,使读者通过实际应用来领悟和理解技术概念。

二是技术传承与发展的脉络。在介绍各种先进制造技术的同时,注重介绍制造技术的基本原理与历史沿革、技术特征与发展趋势,以体现制造领域技术的连贯性、延续性和先进性。

三是体系完整性与典型性。反映制造领域的系统性和完整性,同时,还力求体现先进性和典型性。

本书共分为八章。第一章

为绪论与分类进行概述,主要进行介绍,并说明

本书的编写,第三、四

五章由王世敬副教授编写,第六章由王世敬副教授编写,第七章由张立军副教授编写,第八章由李永朋副教授编写。本书由王世敬副教授主编,张立军副教授副主编,李永朋副教授副主编。

中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

图书在版编目(CIP)数据

现代制造技术/王世敬,张立军主编. —东营:

中国石油大学出版社, 2015. 12

ISBN 978-7-5636-5054-5

I. ①现… II. ①王… ②张… III. ①机械制造工艺
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 293408 号

石油高等教育教材出版基金资助出版

书 名: 现代制造技术

作 者: 王世敬 张立军

责任编辑: 曹秀丽(电话 0532—86981532)

封面设计: 青岛友一广告传媒有限公司

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: uppbook@upc.edu.cn

印 刷 者: 青岛双星华信印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981531, 86983437)

开 本: 185 mm × 260 mm 印张: 17 字数: 420 千字

版 次: 2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 43.00 元



■ 内 容 简 介 ■

本书系统介绍了各种现代制造技术和先进制造理念,论述了现代制造技术的特点、构成、技术内涵及其应用。全书共八章,内容包括:现代制造技术的定义、特点、发展历程及其构成与体系,现代制造技术的现状及发展趋势;计算机辅助设计(CAD)技术以及有限元分析、并行设计等一些现代设计方法;精密成形技术、特种加工技术、精密与超精密加工技术、超高速加工技术与微细加工技术等先进制造工艺;制造自动化技术的定义、内涵及发展历程,自动化制造装备、CAD/CAPP/CAM一体化技术、柔性制造系统、计算机集成制造系统、智能制造系统等;物料需求计划、制造资源计划、企业资源计划、准时生产、精良生产、网络设计/制造和绿色制造等现代生产经营和管理技术。

本书体系完整、结构合理、图文并茂、论述深入浅出,既可以作为机械设计制造及其自动化、工业工程、机械电子工程等专业的教材,也可用作企业管理人员的培训教材、高职高专教学用教材和工程技术人员参考及自学教材。

本书配有电子课件,需要者可联系出版社。

为了出书能够顺利出版，中间经过多次沟通，市主理人经过多次沟通，最终确定由机械工业出版社出版。本书在编写过程中，得到了许多专家和学者的帮助，特别是机械工业出版社的编辑，为本书的出版付出了大量的心血。本书在编写过程中，得到了许多专家和学者的帮助，特别是机械工业出版社的编辑，为本书的出版付出了大量的心血。



PREFACE 前言

前言

机械工业出版社

第1章 绪论

在 21 世纪，制造业仍然是影响国民经济发展、提高人民生活水平的主要产业，是立国之本、兴国之器、强国之基。制造技术(Manufacturing Technology)是制造业赖以生存和发展的支撑点。在工业化强国的企业生产力构成中，制造技术的作用一般占 60% 左右。现代制造技术是集机械、电子、信息、材料、能源和管理等各项先进技术于一体而发展起来的高新技术，也是改造传统产业的有力武器。现代制造技术的发展与产业化将对国民经济的发展产生越来越大的影响，是企业在激烈的市场竞争中保持竞争力和领先地位的手段。

为了更好地适应科技与生产的发展，满足教学与科研的需要，作者组织编写了本书，旨在将当前的现代制造技术和理念介绍并传授给广大学生和企业管理人员，使他们了解现代制造技术的范畴，关注制造技术的发展及前沿，拓宽在现代制造领域的知识面，培养学习者探究新技术与不断创新的意识，逐步成长为先进制造技术的实践者。

本书力求反映当前机械工程领域的先进制造技术及先进制造理念，因此在编写过程中特别注重以下几点：

一是理论知识与实际应用的融通。注意理论知识的精简通俗，并结合工程领域的应用实例，对所涉及的每一项技术的基本概念、关键技术、发展水平和应用范围进行清晰的阐述，使读者通过实际应用来领悟和理解技术理论。

二是技术传承与发展的连续。在介绍各种先进制造技术的同时，注重介绍制造技术的基本原理与历史沿革、技术特征与发展趋势，以体现制造领域技术的连贯性、延续性和先进性。

三是体系完整性与典型性的兼顾。本书体系按现代制造技术的范畴与分类进行组织，反映制造领域的系统性和完整性。将各种先进制造技术以独立章节归类进行介绍，并选择典型的、运用较广的先进技术案例进行重点讲述。

本书共分为八章。第一章由张立军副教授编写，第二章由相恒富讲师编写，第三、四、五章由王世敬副教授编写，第六章由纪仁杰副教授、张立军副教授编写，第七章由张立军副教授编写，第八章由李小朋副教授编写。全书由王世敬副教授、张立军副教授担任主编，李

小朋副教授担任副主编。本书承蒙刘永红教授主审。在审阅过程中,刘永红教授提出了大量可贵的建议和意见,并提供了最新的参考资料,在此表示衷心的感谢。

本书在编写和出版的过程中得到了中国石油大学(华东)教务处、中国石油大学出版社等单位的大力支持,谨向有关同志表示诚挚的感谢。同时,作者参阅了大量的文献、资料和网络资源,在此也一并向原作者表示感谢!

由于现代制造技术发展迅猛,加之作者的水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

作者

2015年9月

CONTENTS 目录

第1章 绪论	1
1.1 制造业的概念及发展历程	1
1.2 现代制造技术及其主要特点	4
1.3 现代制造技术的构成及分类	5
1.4 现代制造技术的现状及发展趋势	8
第2章 现代设计技术	16
2.1 现代设计技术概述	16
2.2 计算机辅助设计技术	20
2.3 有限元分析	26
2.4 并行设计	29
2.5 反求工程	32
2.6 绿色产品设计	35
第3章 精密成形技术	37
3.1 精密液态成形技术	37
3.2 精密固态成形技术	59
3.3 粉末成形技术	69
3.4 焊接新工艺和新技术	75
3.5 快速成形技术	81
第4章 特种加工技术	87
4.1 特种加工概述	87
4.2 电火花加工	89



4.3	电解加工	106
4.4	超声波加工	115
4.5	激光加工	120
4.6	电子束和离子束加工	124
4.7	复合加工	129
第5章	精密与超精密加工技术	133
5.1	精密与超精密加工概述	133
5.2	金刚石刀具精密切削加工	137
5.3	精密与超精密磨料加工	150
5.4	精密研磨与抛光	155
5.5	超精密加工技术发展趋势	160
第6章	超高速与微细加工技术	162
6.1	超高速加工技术	162
6.2	微细加工技术	174
6.3	微机械制造技术及应用	179
第7章	制造自动化技术	184
7.1	制造自动化技术概论	184
7.2	自动化制造装备	186
7.3	CAD/CAPP/CAM 一体化技术	201
7.4	柔性制造系统	215
7.5	计算机集成制造系统	222
7.6	智能制造技术	225
7.7	敏捷制造技术	229
7.8	虚拟制造技术	232
第8章	现代生产经营和管理技术	236
8.1	物料需求计划和制造资源计划	237
8.2	企业资源计划	242
8.3	准时生产	246
8.4	精良生产	251
8.5	网络设计 / 制造技术	254
8.6	绿色制造	257
参考文献		264

第 1 章

绪 论

1.1 制造业的概念及发展历程

1.1.1 制造业在国民经济中的地位

制造业是国民经济的基础产业。据统计,工业化强国经济总产值的 50%(日本)~60%(美国)是由制造业创造的,我国大约 40% 的经济总产值是由制造业创造的。可以说制造业是国民经济的主体,是立国之本、兴国之器、强国之基。制造业发展水平的高低将直接影响国家整体技术水平和经济效益的提高。没有现代化的制造业就不可能有现代化的工业、农业、国防和科学技术。

从世界各国的工业化发展历程来看,制造业的优先发展是经济腾飞的必要条件。制造技术的不断创新则是制造业发展的技术基础和动力。制造业是以制造技术为主导进行产品制造的企业群体的总称,是工业的主体。根据我国现行统计划分,工业由制造业、采掘业以及电力、燃气和水的生产供应业构成,制造业系指第二产业中除采掘业、电力和燃气及其生产供应业、建筑业以外的所有行业,包括 30 个大类、169 个中类、482 个小类。

1.1.2 制造业的发展历程

制造业的发展历程是一个不断提高产品的质量、应用最新科技成果、提高和完善制造过程的自动化和信息化水平、应用先进的制造理念和管理理念、不断提高劳动生产率并降低制造成本,以实现制造最优化的过程。因此,制造业的一个基本出发点就是:在充分利用现有的科学技术最新成果的基础上优质、高效、低耗地生产出所需要的产品。

制造业发展至今,按其生产方式的变化进行划分,大致经历了以下几个阶段:

1) 劳动密集型生产方式

人类在青铜器时代(公元前 2000 年左右)就开始了纺织、冶炼和锻造等较原始的制造活动。18 世纪中叶,蒸汽机的发明开启了以动力驱动为特征的制造方式。

劳动密集型生产方式一般是指劳动力多、资本需求少和技术装备水平低的产业,如农业、纺织业、传统手工业等。这类产业的发展主要依赖劳动力投入量的增长,是一种落后的生产方式,因为其劳动生产率较低、工人劳动强度大、对工人技术水平要求高、产品精度及一致性差,产品质量往往取决于工人的技艺。手工制作及早期的工业生产均属于这种方式。目前,这种生产方式正逐渐被淘汰。

2) 设备密集型生产方式

设备密集型生产方式是 19 世纪初到 20 世纪末随着内燃机发明及运输机械、施工机械和机床等大规模工业化生产的出现而产生的生产方式。1913 年美国建立了具有划时代意义的汽车装配线(福特模式),也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。

这种生产方式的劳动生产率较高、对工人的技术水平要求较低、产品的一致性较好,产品质量主要取决于机械加工设备本身的精度。其生产率的提高来自于众多设备的投入,对多品种的中小批量生产适应性较差。汽车、拖拉机、轴承等大批量生产中的刚性生产流水线均属于这种生产方式。

3) 信息密集型生产方式

1949 年出现了数字控制(NC)技术,并开发了能执行多种加工工作的复杂机床控制器。随着计算机技术、控制技术的发展及其在制造领域中的应用,从 20 纪初期开始出现了数控机床、加工中心等新型机电一体化加工设备。它实现了人与机器设备之间的信息交流,机器设备可通过获得的信息实现快速、准确加工。这种生产方式的自动化程度和适应性较强,是一种较为先进的生产方式。

4) 知识密集型生产方式

1964—1968 年出现了制造系统多级计算机控制(DNC)系统,也就是后来的柔性制造系统。这是制造理念的飞跃,它把单向的产品制造链有机地组成为制造系统。制造系统中的物流系统、信息流系统、能量流系统等相互依赖、相互作用、相互协调。这种制造系统不但能与人进行信息交流,而且本身具有专家系统、数据库等必要的解决问题的方式,使其能在获取较少信息的情况下完成加工要求。因此,这种生产方式的自动化水平和适应性比信息密集型生产方式有了进一步的提高。柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)是这种生产方式的典型代表。

5) 智能密集型生产方式

20 世纪 80 年代末期,激烈的全球化市场竞争对制造系统提出了更高的要求。智能密集型生产方式是目前正在研究和实施的一种全新的生产方式。它引入了新的制造原理和组织形式,试图使制造系统本身具有人工智能,而不是只具有对某一问题的有限的认识;集成是智能的基础,智能又推动集成达到更高水平。因此,这种制造技术能够快速响应市场的变化,超前开发产品,实现多品种产品的全过程管理。这种制造技术的实施将使人们梦寐以求的“无图纸加工”“无人化加工”“无害化加工”成为可能。

目前正在研究的智能制造系统(IMS)、智能型计算机集成制造系统(I-CIMS)等就属于这种生产方式。

1.1.3 世界制造业中心

世界制造业中心就是一个国家或地区在国际分工中扮演了“工厂”的角色,其产品主要是为世界各国生产的,其制造规模和制造能力足以影响全球的产量和价格。全球性的制造业中心自蒸汽机发明后就立足于欧洲,后来转移到美国,第二次世界大战后又转移到东亚及东南亚地区。

在18世纪,英国靠殖民地贸易和航海确立了世界霸权的地位。英国凭借对殖民地的贸易垄断积累了大量的原始资本,发展了本国的工厂手工业,成为工业革命的先驱。19世纪中叶,随着工业革命的完成和机器大工业的普遍建立,英国以其发达的纺织业、采掘业、炼铁业、机器制造业和海运业确立了“世界制造中心”和世界贸易中心的地位。英国世界制造中心的地位表现为其成为世界各国工业品的主要供应者,同时世界各国不同程度地成为英国的原料供应地。例如,英国纺织品的出口产值占总产值的比重在1819—1821年为66.6%,1829—1831年为67.4%,1844—1846年上升到71.4%,而其所消费的棉花则完全依赖进口。

到第一次世界大战以前,英国在传统的基本工业方面的优势已经丧失,而在新兴工业方面又明显处于劣势,所以美国的崛起取代了英国的世界制造中心的地位。美国自南北战争以后至第一次世界大战,空前大规模的铁路建设带动工业和交通进入飞跃发展时期。1860年美国制成品的数量在世界上占第四位,在19世纪80年代初升为第一位。此后到第二次世界大战,世界进入科技快速发展的时代,美国成为全球制造业和科技创新中心。

第二次世界大战后,日本经济的增长令其他国家望尘莫及,成为后发展国家学习的榜样。日本作为新的全球制造业中心之一地位的原因是其在重点行业、重点技术领域取得了领先于美国的竞争优势。由于历史时代的局限以及世界经济全球化和一体化的影响,日本制造业占全球的比重无法达到19世纪英国的相对优势的地位,也无法达到美国制造业曾经的绝对控制的地位,但日本制造业发展的速度、规模以及占全球制造业的比重等奠定了其成为现代制造业中心的地位。

有关专家认为,20世纪90年代后,随着日本经济的衰退、日韩等国企业工资成本的增加以及其他供求因素的影响,世界制造业中心正从日韩向中国转移。

判断一国是否为世界制造业中心,必须看其是否具有以下特征:工业品产能大国;制造业中心的形成与世界贸易中心、航运中心和金融中心地位的形成融为一体;工业品出口大国和自由的对外贸易政策;工业技术水平和技术创新能力世界领先。

2006年,中国制造业有172类产品的产量居世界第一位;制造业增加值达到10 956亿美元,在总量上已超过日本,成为世界第二大制造业国家,形成了国际分工中的独特优势。



1.2 现代制造技术及其主要特点

1.2.1 现代制造技术的定义

现代制造技术的含义相当广泛。一般认为,现代制造技术是传统制造技术与计算机技术、信息技术、自动控制技术等现代高新技术交叉融合的结果,是一个集机械、电子、信息、材料与管理技术于一体的新型交叉学科,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,最终取得理想经济效果的制造技术总称。

制造技术发展阶段:19世纪为手工制造;20世纪初为批量制造;20世纪30年代为刚性自动化生产;20世纪60—80年代为CAD/CAM/CAE, FMS, JIT;20世纪80年代为集成化制造、并行工程;20世纪90年代及以后为敏捷制造、虚拟制造、智能制造、绿色制造。

一般认为20世纪60—80年代之前为传统制造,之后则为现代制造。因此,凡是那些能够融合当代科学进步的最新成果、最能发挥人和设备的潜力、最能体现现代制造水平的制造技术均称为现代制造技术。

1.2.2 现代制造技术的特点

与传统制造技术比较,现代制造技术有以下特点:

1) 系统性

传统制造技术一般只能驾驭生产过程中的物质流和能量流。现代制造技术由于微电子、信息技术的引入而成为一个能驾驭生产过程的物质流、信息流和能量流的系统工程。例如,柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)是先进制造技术全过程控制物质流、信息流和能量流的典型应用案例。

2) 集成性

传统制造技术学科专业单一、界限分明,而现代制造技术使各专业、学科间不断交叉、融合,其界限逐渐淡化甚至消失,发展成为集机械、电子、信息、材料和管理技术为一体的新型交叉学科。例如,加工中引入声、光、电、磁等特种切削工艺,并与机械加工复合组成复合加工工艺(超声波磨削、激光辅助切削等)。还有,生产技术与管理模式相结合产生新的生产方式:敏捷制造(Agile Manufacturing, AM)、并行工程(Concurrent Engineering, CE)、精良生产(Lean Production, LP)等。集成技术显示出高效率、多样化、柔性化、自动化、资源共享等特点。

3) 广泛性

传统制造技术一般单指加工制造过程中的工艺方法,而现代制造技术则贯穿了从产品设计、加工制造到销售及用户服务等整个产品生命周期全过程,成为“市场—产品设计—制造—市场”的大系统。

4) 高精度

现代制造对产品、零件的精度要求越来越高,如在飞机、潜艇等军事设施中使用的精密陀螺、大型天文望远镜及大规模集成电路的芯片等高新技术产品都需要超精密加工技术的支持。这些需求使激光加工、电子束加工、离子束加工、纳米制造、微机械制造等新方法迅速发展。

5) 实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产

先进制造技术的核心是优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,它是从传统的制造技术发展起来的,并与新技术实现了局部或系统集成。先进制造技术除了通常追求的优质、高效外,还要针对 21 世纪人类面临的有限资源与环保压力,实现低耗、清洁生产。此外,还要应对人类消费观念的改变,满足多样化市场的需求。

1.3 现代制造技术的构成及分类

1.3.1 现代制造技术的构成

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与装备、常规加热工艺与装备、高速/超高速加工工艺与装备、精密/超精密与纳米加工工艺与装备、特种加工工艺与装备。

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、准时生产、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体系,如图 1-1 所示。

第一层次为优质、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

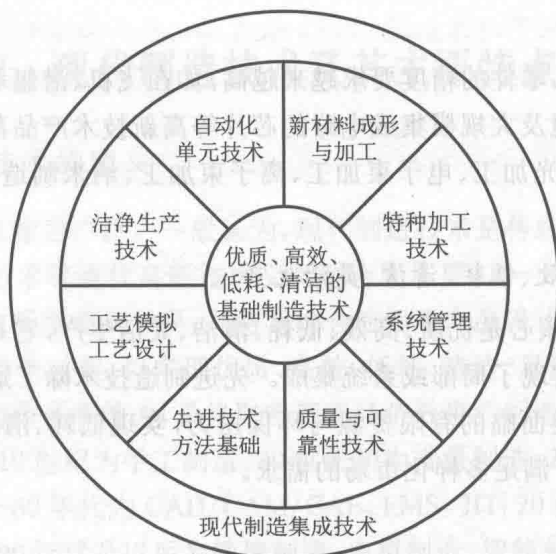


图 1-1 多层次技术群构成体系

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。

第二层次为新型制造单元技术。这是在地场需求及新兴产业带动下，将制造技术与电子、信息、新材料、新能源、环境科学、系统工程、现代管理等技术相结合而形成的新的制造技术层。

第三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

1) 现代设计技术

现代设计技术是根据产品功能要求，应用现代技术和科学知识，制定方案并使方案付诸实施的技术。它是一门多学科、多专业相互交叉的综合性很强的基础技术。现代设计技术主要包含以下内容：

(1) 现代设计方法。

现代设计方法包括产品动态分析和设计、摩擦学设计、防蚀设计、可靠性和可维护性及安全设计、优化设计及智能设计等。

(2) 设计自动化技术。

设计自动化技术指应用计算机技术进行产品造型和工艺设计、工程分析计算与模拟仿真、多变量动态优化，从而达到整体最优功能目标，实现设计自动化。

(3) 工业设计技术。

工业设计技术指开展机械产品色彩设计和中国民族特色与世界流派相结合的造型设计，以增强产品的国际竞争力。

2) 先进制造工艺

现代制造工艺技术包括精密成形技术、精密和超精密加工技术以及特种加工技术等。

(1) 精密成形技术。

精密成形技术是生产局部或全部、无余量或少余量半成品的工艺方法的统称,包括精密凝聚成形技术、精密塑性加工技术、粉末材料构件精密成形技术、精密焊接技术及复合成形技术等。其目的在于使成形的制品达到或接近成品形状的尺寸,并提高质量、缩短制造周期和降低成本;其发展方向是精密化、高效化、强韧化和轻量化。

(2) 特种加工技术。

特种加工技术是指那些不属于常规加工范畴的加工,如高能束流(电子束、离子束、激光束)加工、电加工(电解和电火花加工)、超声波加工、高压水加工以及多种能源的组合加工等。特种加工技术因其各自的独特性能而在机械、电子、化工、轻工、航空、建筑、国防等行业以及材料、能源和信息等领域得到了广泛的应用。

(3) 精密和超精密加工技术。

精密和超精密加工技术采用去除加工(精密切削、磨削、研磨等)、结合加工(离子镀、晶体生长、激光焊接、快速成形等)、变形加工(精锻、精铸等)等加工方法,使工件的尺寸、表面性能达到极高的精度。

(4) 表面改性、制膜和涂层技术。

表面改性、制膜和涂层技术是采用物理、化学、金属学、高分子化学、电学、光学和机械学等技术及其组合技术对产品表面进行改性、制膜和涂层,赋予产品耐磨、耐蚀、耐(隔)热、抗疲劳、耐辐射以及光、热、磁、电等特殊功能,从而提高产品质量、延长使用寿命和赋予新性能的新技术的统称,是表面工程的重要组成部分。

3) 自动化技术

制造自动化是指用机电设备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。其目的在于减轻劳动强度、提高生产效率、减少在制品数量、节省能源消耗以及降低生产成本。

自动化技术主要包括数控技术、工业机器人技术、柔性制造技术、计算机集成制造技术、传感技术、自动检测及信号识别技术和过程设备工况监测与控制技术等。

4) 系统管理技术

系统管理技术是指企业在市场开发、产品设计、生产制造、质量控制到销售服务等一系列的生产经营活动中,为了使制造资源(材料、设备、能源、技术、信息以及人力)得到总体配置优化和充分利用,使企业的综合效益(质量、成本、交货期)得到提高而采取的各种计划、组织、控制及协调的方法和技术的总称。它是现代制造技术体系中的重要组成部分,对提高企业的最终效益起着重要的作用。

系统管理技术包括工程管理、质量管理、管理信息系统等,以及现代制造模式(如精益生产、CIMS、敏捷制造、智能制造等)、集成化的管理技术、企业组织结构与虚拟公司等生产

组织方法。

1.3.3 现代制造的关键技术

实现 21 世纪制造模式所涉及的关键技术主要有：

(1) 集成化技术。在制造系统中仅强调信息的集成是远远不够的，更应强调“多集成”的概念，即信息集成、智能集成、串并行工作机制集成、资源集成、过程集成及人员集成。

(2) 智能化技术。应用人工智能技术实现产品生命周期(包括产品设计、制造、发货、服务用户到产品报废等)及生产过程(包括组织、管理、计划、调度、控制等)各个环节的智能化，并实现人与制造系统的融合及人的智能的充分发挥。

(3) 网络技术。网络技术包括硬件与软件的实现。各种通信协议及制造自动化协议、信息通信接口、系统操作控制策略等是实现各种制造系统自动化的基础。

(4) 分布式并行处理技术。该技术实现制造系统中各种问题的协同求解，获得系统的全局最优解，进而实现系统的最优决策。

(5) 多学科、多功能综合产品开发技术。机电产品的开发设计不仅涉及机械科学的理论与知识，而且涉及电磁学、光学、控制理论等。不仅要考虑技术因素，还必须考虑经济、心理、环境、人文及社会等方面因素。机电产品的开发要进行多目标、全性能的优化设计，以追求机电产品动静特性、效率、精度、使用寿命、可靠性、制造成本与制造周期的最佳组合。

(6) 虚拟现实技术。利用虚拟现实技术、多媒体技术及计算机仿真技术，实现产品设计制造过程中的几何仿真、物理仿真、制造过程仿真，采用多种介质来存储、表达、处理多种信息，融文字、语音、图像、动画于一体，给人一种身临其境感。

(7) 人-机-环境系统技术。将人、机器和环境作为一个系统来研究，发挥系统的最佳效益。研究的重点是人机环境的体系结构及集成技术、人在系统中的作用及发挥、人机柔性交互技术、人机智能接口技术、清洁制造等。

这些关键技术体现了 21 世纪制造技术对 CAD/CAM 集成系统的要求，表达了 CAD/CAM 集成发展的方向。

1.4 现代制造技术的现状及发展趋势

1.4.1 世界制造业现状

1) 美国制造业的竞争策略

制造业是美国经济的主要支柱，美国财富的 68% 来源于制造业。1991 年 9 月，美国国家关键技术委员会在向总统提出的双年度报告中，认定制造领域的国家关键技术包括：柔性计算机集成制造、智能加工设备、微米级和毫微米级制造及系统管理技术。1992 年该委员会又提出将先进制造技术作为国家关键技术。

(1) 近年来,美国政府所采取的主要措施有:

- ① 1994 年从财政年度预算中拨款 14 亿美元支持先进制造技术研究开发;
- ② 实施先进技术计划(ATP),到 1992 年已有 60 个项目获得资助;
- ③ 实施小企业革新研究计划(SBTR);
- ④ 实施工程研究中心建设计划(ERC);
- ⑤ 实施战略制造计划(STRATMAN);
- ⑥ 实施有益于环境的制造计划;
- ⑦ 实施制造科学与技术计划;
- ⑧ 建立航空航天、电子、机床等领域的敏捷制造研究中心;
- ⑨ 在一些大学设置制造工程专业、研究中心或实验室。

(2) 美国在先进制造技术基础领域的研究现状与发展趋势大致如下:

- ① 面对大制造业用户需求启动研究。
- ② 在制造业和制造技术较为发达的基础上,注重制造模式的研究。
- ③ CAD 普及率达 60% 以上。
- ④ 在传统冷、热成形工艺基础上,发展精度较高的成形工艺技术。
- ⑤ 发展特种与复合加工工艺,如高能束加工工艺等。
- ⑥ 利用应用软件、传感器和控制系统建造新一代智能化机床和智能化加工单元,通过建模、仿真来优化车、钻、铣、磨、模压和注塑成形工艺过程。
- ⑦ 生产准备工作柔性化和柔性工装卡具,近几年成为制造领域的研究热点。
- ⑧ 发展少(或无)污染和可拆卸回收的产品及其制造技术。
- ⑨ 不少大学工学院设置技术与管理相结合的工业工程科系。
- ⑩ 在美国国家科学基金资助指南中,制造工程与科学在工程领域被列为独立学科,与机械和结构学科分立,以强化对制造技术基础与应用研究的支持。

2) 日本制造业的发展对策

美国曾以福特方法赢得全世界制造技术的优势,而日本却在福特方法的基础上不断更新技术以适应市场需求。

在 20 世纪 70 年代,日本汽车大举进入美国市场,以其价廉质优和多品种将美国三大汽车公司推向倒闭的边缘。在 1990 年,仅日本 FANUC 公司生产的数控系统装置的数量就占世界市场的一半。总体来讲,智能制造系统(IMS)的研究包括三个方面:

- (1) 将目前各国、各企业掌握的制造技术系统化。包括产品设计技术和产品加工、装配技术等。
- (2) 将现有技术及将要开发的技术标准化。包括制造数据的压缩、传递与储存的标准化以及物流管理技术的标准化。
- (3) 面向 21 世纪的先进制造系统的研究开发。包括系统管理技术,设计、加工和装配技术以及制造系统体系结构。