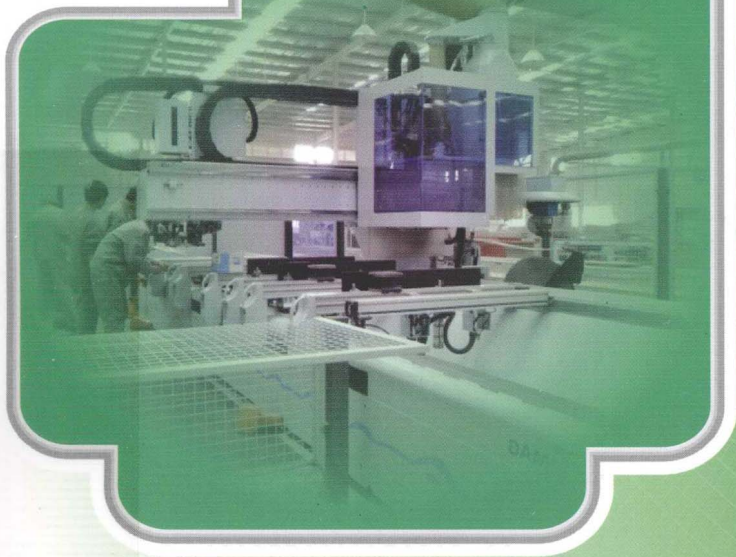




全国本科院校机械类 **创新型** 应用人才培养规划教材

先进制造技术

主 编 刘 璇 冯 凭
主 审 王 扬



介绍基本知识及关键技术
展示先进制造技术应用实例
内容实用并反映学科前沿与动态



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

先进制造技术

主 编 刘 璇 冯 凭
副主编 刘鹏鑫 曹守启 董启文
主 审 王 扬



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书系统地介绍了各种先进制造技术的基本知识、关键技术及其在实际中的应用等,内容包括绪论、先进切削加工技术、先进磨削加工技术、特种加工技术、微机械及微细加工技术、制造自动化技术、先进制造系统和先进制造技术应用实例。

本书可作为高等院校机械工程、自动化、管理工程以及与制造相关的理工科专业的本科生教材,也可供制造业的相关工程技术人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术/刘璇,冯凭主编. —北京:北京大学出版社,2012.8

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-20914-1

I. ①先… II. ①刘…②冯… 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(2012)第 142210 号

书 名: 先进制造技术

著作责任者: 刘璇 冯凭 主编

策划编辑: 林章波

责任编辑: 童君鑫 罗文龙

标准书号: ISBN 978-7-301-20914-1/TH·0301

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 281 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

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

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

先进制造技术是在传统制造技术的基础上,吸收机械、电子、材料、能源、信息和现代管理技术等方面的最新技术成果,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活、快速的快速生产,提高产品对动态多变市场的适应能力和竞争力,从而取得理想经济效果的制造技术。

自 20 世纪 80 年代末美国提出先进制造技术的概念以来,一些工业发达国家和新兴工业化国家把先进制造技术作为本国的科技优先发展领域和高技术实施重点。近年来,随着以信息技术为主导的现代科学技术的迅猛发展,传统制造业发生了深刻变革,先进制造技术显著提高了企业的产品质量、经济效益和市场竞争能力,大幅度改善了企业的产品结构、生产过程和经营管理模式,越来越多的企业把先进制造技术作为企业继续生存、发展的有效途径。先进制造技术已经成为一个国家综合实力和科技发展的重要标志,是使一个国家制造业强盛的关键所在,也是企业赢得市场的有力武器,在国防建设和国民经济发展中占有影响全局、决定全局的战略地位。因此,必须高度重视先进制造技术,大力推进先进制造技术的发展和运用,注重先进制造技术理念的传播及普及,使我国的制造业尽快赶上发达国家的水平。

本书由刘璇、冯凭任主编,刘鹏鑫、曹守启、董启文任副主编。全书共分 8 章,第 1~3 章由冯凭、董启文编写,第 4~6 章由刘璇编写,第 7、8 章由曹守启、刘鹏鑫编写,刘璇对全书内容进行统稿,本书由哈尔滨工业大学王扬教授进行主审。在编写过程中,周华老师、许哲老师等参与了修改工作,并提出了许多宝贵的意见,在读研究生吴莹、孙璞等参与了部分校对工作,在此向他们表示感谢。同时,在本书的编写过程中,还得到上海海洋大学工程学院领导和教师们的关心和鼓励,在此一并表示深深的谢意。

先进制造技术所涉及的内容非常广泛,学科跨度大,由于编者水平及视野有限,书中难免会有欠妥之处,恳请读者及同行批评指正。

编 者

2012 年 6 月

目 录

| | | | |
|-----------------------------|----|----------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 | 2.2.2 准干式切削技术 | 34 |
| 1.1 先进制造技术概述 | 2 | 2.2.3 低温切削 | 37 |
| 1.1.1 先进制造技术产生的背景 | 2 | 2.2.4 气体射流冷却切削技术 | 38 |
| 1.1.2 先进制造技术的基本概念 | 3 | 2.3 硬态切削加工技术 | 39 |
| 1.1.3 先进制造技术的特点 | 3 | 2.3.1 硬态切削的优越性 | 39 |
| 1.1.4 先进制造技术的学科内容 | 4 | 2.3.2 实施硬态切削的必要条件 | 39 |
| 1.2 国内外先进制造技术的发展战略及规划 | 5 | 2.3.3 硬态切削技术的应用 | 41 |
| 1.2.1 美国发展先进制造技术的竞争策略 | 5 | 2.4 超精密切削加工技术 | 42 |
| 1.2.2 德国发展先进制造技术的规划 | 7 | 2.4.1 金刚石刀具超精密切削机理 | 42 |
| 1.2.3 日本制造业的发展对策 | 7 | 2.4.2 超精密切削加工的刀具 | 43 |
| 1.2.4 英国开展多项先进制造技术研究 | 8 | 2.4.3 超精密切削加工机床 | 45 |
| 1.2.5 韩国的先进制造技术计划 | 8 | 2.4.4 超精密切削加工的工作环境 | 48 |
| 1.2.6 我国先进制造技术的研究 | 8 | 思考题 | 49 |
| 1.3 先进制造技术的发展趋势 | 9 | 第 3 章 先进磨削加工技术 | 50 |
| 思考题 | 10 | 3.1 高速与超高速磨削技术 | 51 |
| 第 2 章 先进切削加工技术 | 11 | 3.1.1 高速与超高速磨削的优势 | 51 |
| 2.1 高速切削技术 | 12 | 3.1.2 高速与超高速磨削技术的研究发展历程及现状 | 52 |
| 2.1.1 概述 | 13 | 3.1.3 高速与超高速磨削用砂轮 | 53 |
| 2.1.2 高速切削加工的优越性 | 13 | 3.1.4 高速与超高速磨削机床 | 56 |
| 2.1.3 高速切削加工的关键技术 | 14 | 3.2 缓进给深切磨削 | 57 |
| 2.1.4 高速切削加工技术的应用 | 26 | 3.2.1 缓进给深切磨削的特点 | 57 |
| 2.2 绿色切削技术 | 27 | 3.2.2 对缓进给深切磨床的要求 | 58 |
| 2.2.1 干式切削技术 | 28 | 3.2.3 缓进给深切磨削中工件表面完整性 | 58 |
| | | 3.2.4 缓进给深切磨削中温升的控制 | 59 |
| | | 3.2.5 缓进给深切磨削的应用 | 59 |
| | | 3.3 高效深切磨削 | 60 |

| | | | | | |
|-------------------------|----------------|-----------|----------------------|---------------------|------------|
| 3.3.1 | 概述 | 60 | 5.2.3 | 微细铣削 | 100 |
| 3.3.2 | 高效深切磨削原理 | 61 | 5.2.4 | 微细冲压 | 101 |
| 3.3.3 | 高效深切磨削对磨削系统的要求 | 62 | 5.2.5 | 微细磨削 | 101 |
| 3.4 | 精密和超精密砂带磨削技术 | 63 | 5.2.6 | MMP 技术 | 101 |
| 3.4.1 | 概述 | 63 | 5.3 | 硅微细加工技术 | 102 |
| 3.4.2 | 砂带磨削特点 | 63 | 5.3.1 | 体硅微细加工 | 102 |
| 3.4.3 | 精密和超精密砂带磨削方式 | 64 | 5.3.2 | 表面硅微细加工 | 104 |
| 3.4.4 | 精密砂带磨床和砂带头架 | 64 | 5.3.3 | 键合技术 | 104 |
| 3.4.5 | 砂带选择及其修整 | 65 | 5.4 | LIGA 技术 | 105 |
| 3.5 | 快速点磨削技术简介 | 66 | 5.5 | 纳米焊接技术 | 107 |
| 3.5.1 | 快速点磨削的技术特征 | 66 | 思考题 | | 108 |
| 3.5.2 | 快速点磨削的应用情况 | 67 | 第 6 章 制造自动化技术 | | 109 |
| 思考题 | | 68 | 6.1 | 制造自动化技术概述 | 111 |
| 第 4 章 特种加工技术 | | 69 | 6.1.1 | 制造自动化技术内涵 | 111 |
| 4.1 | 电火花加工 | 71 | 6.1.2 | 制造自动化技术关键技术 | 111 |
| 4.1.1 | 电火花加工原理 | 71 | 6.1.3 | 制造自动化技术发展趋势 | 112 |
| 4.1.2 | 电火花加工的特点 | 72 | 6.2 | 柔性制造技术 | 113 |
| 4.1.3 | 电火花加工的基本规律 | 73 | 6.2.1 | 柔性制造系统的定义及组成 | 113 |
| 4.1.4 | 电火花加工的应用 | 75 | 6.2.2 | FMS 的特点 | 115 |
| 4.1.5 | 电火花加工机床简介 | 76 | 6.2.3 | FMS 的柔性 | 115 |
| 4.2 | 激光加工 | 79 | 6.2.4 | FMS 的适用范围 | 116 |
| 4.2.1 | 激光加工的原理与特点 | 79 | 6.2.5 | FMS 的应用实例 | 117 |
| 4.2.2 | 激光加工设备 | 82 | 6.2.6 | FMS 的应用情况和发展前景 | 118 |
| 4.2.3 | 激光加工的应用 | 85 | 6.3 | 工业机器人 | 118 |
| 4.3 | 电子束和离子束加工 | 89 | 6.3.1 | 工业机器人的定义、组成、分类与性能指标 | 118 |
| 4.3.1 | 电子束加工 | 89 | 6.3.2 | 工业机器人的机械结构 | 122 |
| 4.3.2 | 离子束加工 | 92 | 6.3.3 | 工业机器人的驱动系统 | 124 |
| 思考题 | | 94 | 6.3.4 | 工业机器人的控制 | 126 |
| 第 5 章 微机械及微细加工技术 | | 95 | 6.3.5 | 工业机器人的应用 | 127 |
| 5.1 | 微机械与微细加工概论 | 97 | 6.3.6 | 工业机器人的发展趋势 | 130 |
| 5.1.1 | 微机械 | 97 | 思考题 | | 131 |
| 5.1.2 | 微细加工技术 | 98 | 第 7 章 先进制造系统 | | 132 |
| 5.2 | 微细切削加工 | 98 | 7.1 | 敏捷制造 | 133 |
| 5.2.1 | 微细车削 | 98 | | | |
| 5.2.2 | 微细钻削 | 99 | | | |

| | | | | | |
|-------|--------------------------|-----|-------------------------------|---|-----|
| 7.1.1 | 敏捷制造的内涵 | 133 | 7.5.4 | 精益生产结构体系的 建立 | 155 |
| 7.1.2 | 敏捷制造企业的特点 | 134 | 7.5.5 | 精益生产在先进制造中的 作用 | 156 |
| 7.1.3 | 敏捷制造数字化工厂的 整体模型 | 135 | 7.6 | 逆向工程 | 157 |
| 7.1.4 | 敏捷制造的数字化过程 | 137 | 7.6.1 | 概述 | 157 |
| 7.2 | 虚拟制造 | 137 | 7.6.2 | 逆向工程的流程与关键 技术 | 159 |
| 7.2.1 | 虚拟制造的相关定义 | 137 | 7.6.3 | 逆向工程 CAD 建模 方法 | 163 |
| 7.2.2 | 虚拟制造的内涵 | 138 | 思考题 | | 165 |
| 7.2.3 | 虚拟制造的关键技术 | 139 | 第 8 章 先进制造技术应用实例 | | 166 |
| 7.2.4 | 虚拟制造的应用 | 140 | 8.1 | 电火花加工应用实例 | 167 |
| 7.3 | 并行工程 | 142 | 8.2 | 电火花线切割加工应用实例 | 170 |
| 7.3.1 | 并行工程的内涵 | 142 | 8.3 | 快速成形应用实例 | 173 |
| 7.3.2 | 并行工程的方法学和 技术概要 | 143 | 8.4 | 逆向工程技术应用实例 | 175 |
| 7.3.3 | 并行工程的运行机理和 特点 | 145 | 8.5 | 三维造型应用实例 | 178 |
| 7.3.4 | 并行工程的应用案例 | 146 | 8.5.1 | Solidworks 的组成模块及其 功能简介 | 178 |
| 7.4 | 快速原型技术 | 147 | 8.5.2 | SolidWorks 中的特征 | 180 |
| 7.4.1 | 概述 | 147 | 8.5.3 | 应用 SolidWorks 基于 特征的三维实体 造型实例 | 182 |
| 7.4.2 | 快速原型工艺分类 | 149 | 参考文献 | | 186 |
| 7.4.3 | 彩色快速成形 | 151 | | | |
| 7.5 | 精益生产 | 152 | | | |
| 7.5.1 | 精益生产的起源 | 152 | | | |
| 7.5.2 | 精益生产的内涵 | 153 | | | |
| 7.5.3 | 精益生产的思想 | 154 | | | |

第 1 章

绪 论



— 本章学习目标

- ★ 了解先进制造技术产生的背景及学科内容；明确先进制造技术的特点
- ★ 理解先进制造技术的基本概念；明确发展先进制造技术的重要意义
- ★ 了解先进制造技术的发展趋势



— 本章教学要点

| 知识要点 | 能力要求 | 相关知识 |
|------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 先进制造技术产生的背景及基本概念 | 了解先进制造技术产生的背景、特点及学科内容；理解先进制造技术的概念 | 先进制造技术的概念、特点、学科内容 |
| 先进制造技术的发展趋势 | 了解先进制造技术的发展趋势 | 国内外先进制造技术的研究现状及发展趋势 |



导入案例

制造业是国民经济的支柱产业，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。制造技术水平的高低已成为一个国家经济实力和科技发展水平的重要标志之一。

第二次世界大战后，美国出现了“制造业是夕阳产业”的观点，忽视了对制造业的重视和投入，结果导致美国在经济上的竞争力下降，日本产品大量涌入美国市场。在这样的背景下，20世纪80年代发生了轰动一时的“东芝事件”，即：1983年日本东芝公司卖给苏联几台五轴联动数控铣床，苏联将其用于制造核潜艇推进螺旋桨，由于加工精度提高，使得螺旋桨在水中转动时噪声大为下降，以至于美国的声呐无法侦测到苏联核潜艇的动向，苏军潜艇能很好地隐藏在海底下(图1)。该数控机床的销售，也使得苏联的装备制造业上了一个档次，除了使潜艇的推进性能改善之外，还能使当时正在建造中的新型航空母舰的推进器得到改进(图2)。这次事件的后果是严重的：美国海军第一次丧失对苏联海军舰艇的水声探测优势，直到今日，美国海军仍没有绝对把握去发现新型的俄罗斯潜艇。



图1 苏联941型鲨鱼级弹道导弹核潜艇

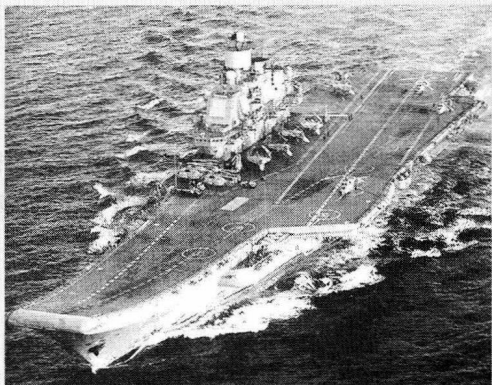


图2 苏联“库兹涅佐夫”号航空母舰

“东芝事件”的发生使得美国政府和企业认识到了问题的严重性。20世纪80年代末美国根据本国制造业面临的挑战，为增强制造业的竞争力和促进国家经济增长而率先提出了发展先进制造技术。此后，一些工业发达国家和新兴工业化国家把先进制造技术作为本国的科技优先发展领域和高技术实施重点，并已达成共识：当前衡量一个国家科技发展程度，已不再以它拥有多少发明、发现为主要标准，而是以它的制造业和制造技术能为世界提供多少可造福于人类的产品为基本准绳。在未来的市场竞争中，谁先占领了先进制造技术的制高点，谁就把握了竞争取胜的主动权。

1.1 先进制造技术概述

1.1.1 先进制造技术产生的背景

先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)作为一个专用名词最早是在20世纪80年代末由美国提出的。

美国是制造业的头号强国，但由于自第二次世界大战后只重视基础技术和国防技术，忽略对制造业的重视和投入，把制造业当作“夕阳产业”，直接导致了20世纪70年代开始显现科技优势和经济竞争能力下降的局面。同时，美国一些学者如托夫勒等提出美国已进入“后工业化”社会，力图把经济发展的重心从制造业转向服务业等第三产业，更加剧了美国在某些工业领域的市场竞争力的明显下降，呈现相对落后于日本和德国等国家的危险趋势。20世纪80年代发生了轰动一时的“东芝事件”，使得美国政府认识到了问题的严重性，迫使政府和企业界不得不重新审视美国的科学技术政策和产业政策，重新认识和评价制造业在国民经济中的地位和作用。20世纪80年代末，美国的研究者提出了“先进制造技术”的概念，以加强美国制造业的竞争力。

20世纪80年代以来，各国制造业面临复杂多变的外部环境：科学技术突飞猛进，供求关系变化频繁，产品更新速度加快，各国经济与国际市场纵横交错，竞争对手林立，资源有限与日益增长的环保压力，制造全球化和贸易化等。这些都促使各国政府和企业界寻求对策，以获取全球范围内的竞争优势。由于传统的制造技术和制造模式，已无法适应现代市场复杂多变的外部环境的严峻挑战，从而引发了制造技术、制造模式和管理技术的剧烈变革。

20世纪90年代初开始，克林顿政府发起了振兴美国经济计划，突出了现代装备制造业的支撑作用，强调了技术创新及其成果转化，提出了增强产品市场竞争力的关键是发展先进制造技术的新观点。由此，先进制造技术作为一个新的概念在政府层面上被接受，同时作为一项高层次水平上的制造技术受到各国政府、研究机构和企业的高度重视。

1.1.2 先进制造技术的基本概念

先进制造技术是一个相对的、动态的概念，各国有多种解释，但目前尚没有一个明确的、一致公认的定义。经过近年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：先进制造技术是在传统制造技术基础上不断吸收机械、电子、信息、材料、能源和现代管理技术方面的成果，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，也是取得理想技术经济效果的制造技术的总称。它集成了现代科学技术和工业创新的成果，充分利用了信息技术，使制造技术提高到新的高度。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。

1.1.3 先进制造技术的特点

与传统制造技术相比，先进制造技术的优势明显、特点突出，主要表现在以下几方面。

1. 先进性

优质、高效、低耗、清洁、灵活的工艺是先进制造技术的核心和基础，这些工艺是经过优化的先进工艺，它们从传统的工艺发展而来，并与代表着时代发展水平的新技术相结合，两者实现局部或系统的集成，即保留了过去制造技术中的有效要素，又吸收了各种高

新技术的最新成果。

2. 实用性

先进制造技术是一项面向工业应用，具有很强实用性的新技术。从先进制造技术的发展过程，从其应用于制造全过程的范围，特别是达到的目标与效果，都反映这是一项应用于制造业，对制造业、对国民经济的发展可以起重大作用的实用技术。先进制造技术的发展有明确的需求导向特征；先进制造技术不是以追求技术的高新为目的，而是注重产生最好的实践效果，以提高效益为中心，以提高企业的竞争力和促进国家经济增长和综合实力为目标。

3. 综合性

先进制造技术由于专业和学科间的不断渗透、交叉、融合，界线逐渐淡化甚至消失，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型交叉学科。

4. 系统性

一项先进制造技术的产生往往要系统地考虑到制造的全过程，从全局出发，系统地考虑问题。

5. 动态性

由于先进制造技术本身是针对一定的应用目标，不断地吸收各种高新技术而逐渐形成、不断发展的新技术，因而其内涵不是绝对的和一成不变的。在不同的时期，先进制造技术有其自身的特点和内容。

6. 面向全球竞争

随着世界自由贸易体制的进一步完善，以及全球交通运输体系和通信网络的建立，制造业将形成全球化与一体化的格局，新的先进制造技术也必将是全球化的模式。

1.1.4 先进制造技术的学科内容

先进制造技术横跨多个学科，包含从产品设计、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。根据先进制造技术的功能和研究对象，可将先进制造技术归纳为如下几个学科方面。

1. 先进设计技术

产品设计是制造业的灵魂。先进设计技术是指根据产品功能要求，运用现代科学知识和先进的设计理念及设计手段，制订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。先进设计技术主要包括：现代设计方法(如模块化设计、系统化设计、价值工程、模糊设计、面向对象的设计、反求工程、并行设计、绿色设计、工业设计等)，产品可信性设计(如可靠性设计、安全性设计、动态分析与设计、防断裂设计、防疲劳设计、耐环境设计、健壮设计、维修设计和维修保障设计等)，设计自动化技术(如产品的造型设计、工艺设计、工程图生成、有限元分析、优化设计、模拟仿真虚拟设计、工程数据库等)。

2. 先进制造工艺技术

先进制造工艺技术是先进制造技术的核心和基础。先进制造工艺技术主要包括高效精密成形技术(精密洁净铸造成形工艺、精确高效塑性成形工艺、优质高效焊接及切割技术、优质低耗洁净热处理技术、快速成形和制造技术等), 高效高精度切削加工工艺(精密和超精密加工、高速切削和磨削、复杂型面的数控加工、游离磨粒的高效加工等), 现代特种加工工艺(高能束加工、电加工、超声波加工、水射流加工、纳米技术及微细加工等), 表面改性、制膜和涂层技术(化学镀层处理、非晶态合金技术、节能表面涂装技术、表面强化处理技术、热喷涂技术、激光表面熔复处理技术、等离子化学气相沉积技术等)。

3. 制造自动化技术

制造自动化技术是机械制造业最重要的基础技术之一, 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、柔性制造技术、计算机集成制造技术、传感技术、自动检测技术、信号处理和识别技术、制造过程设备工况监测与控制技术等。

4. 先进制造模式及现代生产管理技术

先进制造模式及现代生产管理技术是面向企业, 涉及市场开发、产品设计、生产制造、质量、产品营销和售后服务的全过程。先进制造模式的目标是实现数字化设计、自动化制造、信息化管理、网络化经营。现代生产管理技术是企业运行中采取的各种计划、组织、控制及协调的方法和技术的总称, 包括生产信息管理、产品数据管理、物流管理、工作流程管理等。

1.2 国内外先进制造技术的发展战略及规划

20世纪90年代以来, 各国重新认识到了制造业和先进制造技术的战略地位和作用, 并已达成共识: 当前衡量一个国家的科技发展程度, 已不再以它拥有多少发明、发现为主要标准, 而是以它的制造业和制造技术能为世界提供多少可造福于人类的产品为基本准绳。在未来的市场竞争中, 谁先占领了先进制造技术的制高点, 谁就把握了竞争取胜的主动权。因此, 世界许多国家, 尤其是发达国家都把先进制造技术与信息科学技术、材料科学技术和生物科学技术同列为21世纪的四大支柱科技加以重视, 将先进制造技术列为国家关键技术和优先发展领域, 制订和实施了一系列的发展战略与规划。

1.2.1 美国发展先进制造技术的竞争策略

在促进AMT的发展方面, 美国走在世界的前面。20世纪90年代以来, 制订和实施了一系列发展AMT的科技政策、战略和规划。美国20世纪90年代科技政策的特点是: 重视产业技术的发展, 以制造业为中心, 注重技术推广, 强调产业整体技术水平和市场竞争能力的提高。美国前总统克林顿关于发展先进制造技术提出六点行动:

- (1) 对先进制造技术的研究开发提供更多的资助, 开发新汽车和新建筑技术。
- (2) 支持敏捷制造。

- (3) 建立全国制造技术推广中心网。
- (4) 促进本地区建立技术联盟。
- (5) 促进制造工程教育的发展。
- (6) 促进考虑环境的制造技术的发展。

1993年,美国政府批准了由联邦科学、工程与技术协调委员会(FCCSET)主持实施的先进制造技术计划。计划的目标是:研究开发世界领先的先进制造技术,以满足美国制造业对先进制造技术的需求,提高制造业的竞争力;通过教育与培训计划提高劳动力素质;促进具有环境意识的制造等。

1994年,美国国家科学技术委员会(NSTC)又组织制订了美国AMT发展战略:支持国家实验室、大学与工业界联合研究开发先进制造技术;通过国家级工业服务网络,帮助企业快速采用先进制造技术;开发推广有利于环境的制造技术;积极实施与工程设计和制造相关的教育与培训计划。

1995年11月美国正式发布了敏捷制造技术战略发展计划(Technologies Enabling Agile Manufacturing Strategic Plan, TEAM)。每年投资3000万美元,该计划到1999年结束。美国国防部、美国国家标准与技术研究所、美国国家科学基金会等部门都参与了TEAM计划的实施。有3000多家私营企业、60多家公司、16所大学和国际财团以及许多政府机构直接参与了此项计划。TEAM计划的主要内容有:

- (1) 产品并行设计,面向制造能力和供应能力的设计工具。
- (2) 制造计划和控制,集成产品制造过程,用于制造计划和车间控制过程的快速迭代的自动化工具;用于过程和资源的最优化的宏观和微观计划器。
- (3) 虚拟制造,用于制造过程的集成模拟和建模工具;产品加工前的过程优化。
- (4) 智能闭环过程,强化制造过程控制;用于关键过程的开放式结构的控制器和算法。

1996年,美国国家先进制造联合会(NACFAM)提出了今后美国先进制造技术的发展重点:

- (1) 集成产品与过程开发(IPPD);
- (2) 并行工程;
- (3) 拟实产品开发;
- (4) 快速原型与过程仿真;
- (5) 可扩展的企业体系结构;
- (6) 综合资源规划;
- (7) 产品数据交换标准;
- (8) 高速网络;
- (9) 人工智能;
- (10) 传感器数据融合;
- (11) 专家系统;
- (12) 电子数据交换;
- (13) 纳米/微米制造技术;
- (14) 高级控制器;
- (15) 适用于全能制造系统(HMS)相互连接的制造单元技术等。

1.2.2 德国发展先进制造技术的规划

1995 年, 德国政府、企业界、科技界和工会组织共同提出了 2000 年生产(Production 2000)计划, 该计划的执行时间为 1995~1999 年。其主要研究领域为:

- (1) 产品开发方法和制造方法, 研究如何缩短产品开发和制造周期的方法;
- (2) 产品制造过程中的经济学, 开发可重复利用的材料、可重复利用的产品以及“清洁制造”过程, 制定新材料的标准;
- (3) 面向制造的后勤学, 研究能够缩短制造周期和降低运输费用的方法;
- (4) 面向制造的信息技术, 开发适用于制造的高效可控的通信系统;
- (5) 多变环境下的制造方式, 研究开放的、具有学习能力的生产组织结构以及可重构生产系统的设计和运行等。

除 2000 年生产计划外, 近几年, 德国教育、科学、研究与技术部(BMBF)和联邦经济部(BMWS)还相继发起了“质量保证计划”、“工作和技术计划”、“保护环境的生产计划”、“微系统技术计划”、“工业基础技术研究计划”等。这些计划主要研究开发可靠的质量管理体系; 工业机器人的编程问题; 流程工业中的柔性生产结构; 计算机多媒体系统; 工业生产的发展与环境保护间的协调; 微系统制造技术; 利用工业基础研究成果开发新产品、新工艺和新技术等。

1.2.3 日本制造业的发展对策

日本为继续保持经济强国地位和经济持续发展势头, 决定通过发展本国尖端技术、开拓现有技术来开发新产品、新工艺, 创造新市场和新产业, 力争成为一个以创造性科学技术为基础的国家。对于先进的、将成为竞争热点的预竞争力(Precompetitive)以及能加强国家未来工业技术基础的计划, 由政府统一规划、协调。从 20 世纪 80 年代末期开始, 日本相继出台了 4 项重大计划, 即:

1) 智能制造系统计划

智能制造系统(Intelligent Manufacturing System, IMS)计划是日本通产省(MITI)1989 年发起的一项国际合作研究计划, 美国、加拿大、澳大利亚、欧共体和欧洲自由贸易联盟等国家和地区组织纷纷加入进来, 它是迄今为止制造领域内最大的一项国际合作研究计划, 其目标是全面展望 21 世纪先进制造技术的发展趋势, 先行开发下一代制造技术, 以解决全球制造业面临的共同问题, 如提高产品质量和性能, 促进科技成果转化, 改善地球环境, 推动全球制造、信息制造技术的体系化和标准化, 快速响应制造业的全球化等。该计划先后经历可行性研究阶段(1992—1994)和全面实施阶段(1995—2005)。

2) 未来计划

1996 年, 日本文部省下属的日本科学振兴会(JSPS)发起未来计划(Future Program)。该计划为期 5 年, 旨在发展本国技术, 共包括 17 个研究领域, 已资助了 117 个课题。1997 年, 日本通产省新能源与工业技术开发组织(NEDO)公布了 67 个项目, 其中与制造相关的项目包括环境友好的制造技术、微机械技术等 11 项。

3) 实验室计划

1995 年, 日本文部省发起风险企业型实验室计划, 该计划的主要目的是促进创新性研究开发活动, 为新工业和风险企业培养年轻的科技人才。该计划共资助了 21 所日本著名国立大学的实验室, 这些实验室的研究领域以微型机械制造、虚拟现实硬件与软件技

术、毫微米技术等为主。

4) 研究开发计划

1995年,日本通产省新能源与工业技术开发组织(NEDO)发起促进创新性工业技术研究开发计划(New Industry Creative Type Technology R&D Promotion Program)。该计划主要资助工业界的基础研究开发项目,共分3个技术领域:①工业科学技术,其中的项目旨在创造新工业、开发新技术;②能源与环境技术,其中的项目旨在改善环境、保证稳定的能源供应、加速新工业的创建;③支持中小企业的基础性和创造性技术,其中的项目旨在促进中小企业实现工业现代化。1997年,NEDO公布了67个项目,其中与制造相关的项目包括环境友好的制造技术、微机械技术等11项。

1.2.4 英国开展多项先进制造技术研究

英国政府支持工程和技术规划(Engineering and Technology Programme)及制造系统工程(Manufacturing System Engineering)研究,开展了如下先进制造技术研究:

- (1) 计算机集成制造技术(CIMS);
- (2) 单元式制造技术;
- (3) 快速原型制造技术;
- (4) 人机工程学;
- (5) 并行工程实施方法(PACE,由欧共体牵头组织)。

1.2.5 韩国的先进制造技术计划

1991年底,韩国政府提出了先进技术国家计划(Highly Advanced National Project, HANP),由韩国科技部、工商部、能源部和交通部联合实施。该计划的目标是:到2000年把韩国的技术实力提高到世界一流工业发达国家水平。这一计划包括先进制造系统、新能源、电气车辆、人机接口技术等7个大项目。先进制造系统项目从1992年12月开始实施,为期10年,共分3个部分:基础技术,开发集成化的开放式系统、标准化技术以及系统性能评价方法;下一代加工系统,开发下一代加工设备、机械技术与生产工艺技术;电子产品的装配和检验技术,开发下一代印刷版装配和检验技术、高性能装配机构和制造系统、系统操作集成技术和智能技术等。

综观上述各国的AMT发展计划,其特点是,需求牵引、技术驱动,以支柱产业为依托,注重了技术上的超前性和工业发展的需求,主要是汽车工业、机械工业和电子工业等支柱产业的需求。汽车工业,尤其是轿车工业的发展,必须有强大的先进制造技术作为后盾;而汽车工业水平能力的提高,也将带动整个制造业水平的提高。因此,多数把汽车工业作为发展AMT的突破口。

1.2.6 我国先进制造技术的研究

近十多年来,我国有关部门有计划地部署了一系列国家级重点科技项目,有效地促进了我国先进制造与自动化技术的研究与应用推广,如:科技部组织实施的863计划的CIMS主题、智能机器人主题;“九五”国家科技攻关计划的CAD应用工程、精密制造技术开发与应用、数控技术与装备、现场总线控制技术开发与应用、工业机器人应用、激光技术应用等重点项目;总装备部(原国防科工委)在“九五”期间,组织实施了我国武器装备先进制造技

术的发展项目；航空、航天、兵器和机械等许多行业和部门在“九五”期间组织实施了行业先进制造技术项目；国家计委、经贸委等部委在用高技术改造传统产业方面也推行了一系列计划。上述计划和项目极大地推动了我国先进制造与自动化技术的发展。

1.3 先进制造技术的发展趋势

随着电子、信息等高新技术的不断发展，随着市场需求个性化与多样化，未来先进制造技术发展的总趋势是向精密化、柔性化、网络化、虚拟化、智能化、绿色化、集成化、全球化的方向发展。

当前先进制造技术的发展趋势大致有以下几个方面。

1. 信息技术对先进制造技术的发展起着越来越重要的作用

信息化是当今社会发展的趋势，信息技术正在以人们想象不到的速度向前发展。信息技术也正在向制造技术注入和融合，促进着制造技术的不断发展。可以说先进制造技术的形成与发展，无不与信息技术的应用与注入有关。它使制造技术的技术含量提高，使传统制造技术发生质的变化。信息技术对制造技术发展的作用目前已占第一位。在 21 世纪对先进制造技术的各方面发展将起着更重要的作用。信息技术促进着设计技术的现代化，加工制造的精密化、快速化，自动化技术的柔性化、智能化，整个制造过程的网络化、全球化。各种先进生产模式的发展，如 CIMS、并行工程、精益生产、敏捷制造、虚拟企业与虚拟制造，也无不以信息技术的发展为支撑。

2. 设计技术不断现代化

产品设计是制造业的灵魂，现代设计技术的主要发展趋势如下。

1) 设计手段的计算机化

在实现了计算机计算、绘图的基础上，当前突出反映在数值仿真或虚拟现实技术在设计中的应用以及现代产品建模理论的发展上，并且向智能化设计方向发展。

2) 新的设计思想和方法不断出现

如并行设计、面向“X”的设计(Design For X, DFX)、健壮设计(Robust Design)、优化设计(Optimal Design)、反求工程技术(Reverse Engineering)等。

3) 向全寿命周期设计发展

传统的设计只限于产品设计，全寿命周期设计则由简单的、具体的、细节的设计转向复杂的总体的设计和决策，要通盘考虑包括设计、制造、检测、销售、使用、维修、报废等阶段的产品的整个生命周期。

4) 设计过程由单纯考虑技术因素转向综合考虑技术、经济和社会因素

设计不只是单纯追求某项性能指标的先进和高低，而是注意考虑市场、价格、安全、美学、资源、环境等方面的影响。

3. 成形及改进制造技术向精密、精确、少能耗、无污染方向发展

成形制造技术是铸造、塑性加工、连接、粉末冶金等单元技术的总称。展望 21 世纪，成形制造技术正在从制造工件的毛坯、从接近零件形状向直接制成工件精密成形或称净成

形的方向发展。

思 考 题

1. 试述先进制造技术产生的背景与需求。
2. 先进制造技术的含义是什么？
3. 先进制造技术具有哪些特点？
4. 简要论述先进制造技术的学科内容。
5. 试论述先进制造技术的发展趋势。