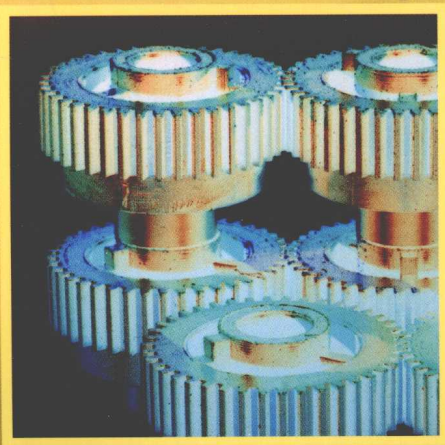
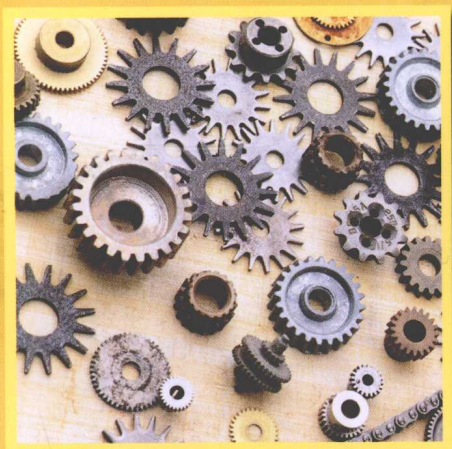




职业教育教学改革规划教材

现代制造技术概论

汪哲能 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



制造业是社会发展的基础产业,随着新技术的发展,制造业面临着前所未有的挑战与机遇。本书系统地介绍了现代制造技术的基本内容、体系结构和最新进展,在力求保证现代制造技术理论的系统性和完整性的基础上,着重介绍了一些实用、先进、相对成熟的制造技术。

本书共四部分,包括现代制造技术的发展及体系结构、现代设计技术、现代加工制造技术和现代制造管理技术。

本书可作为职业院校机械制造及其相关专业的教学用书,也可作为相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代制造技术概论/汪哲能主编. —北京:机械工业出版社,2010.8

职业教育教学改革规划教材

ISBN 978-7-111-31159-1

I. ①现… II. ①汪… III. ①机械制造工艺—职业教育—教材

IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第126401号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王佳玮 责任编辑:王佳玮 王亚明

版式设计:霍永明 责任校对:张玉琴

封面设计:鞠 杨 责任印制:李 妍

北京富生印刷厂印刷

2010年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9印张·217千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-31159-1

定价:17.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面防伪标均为盗版

前 言

制造是人类文明的支柱。制造技术是当代科技发展中最活跃、最为活跃的领域，是产品更新、生产发展、国际间经济竞争的重要手段。制造业是重要的基础产业，它一方面直接创造价值，成为社会财富的主要创造者和国民经济收入的主要来源；另一方面，为国民经济各部门，包括国防和科学技术的进步提供先进的技术和装备。近半个世纪以来，制造技术的发展日新月异。特别是近 30 年来，随着科学技术的迅猛发展，尤其是以计算机、信息技术为代表的高新技术的发展，制造技术的内涵和外延发生了革命性的变化。传统制造技术不断吸收信息、材料、能源及管理等领域最新成果，综合应用于产品的设计、制造、检测、生产管理和售后服务等领域。在加工制造技术和制造管理技术等方面，许多新的思想和概念不断涌现，不同学科之间相互渗透、交叉融合，衍生出新的研究领域，迅速改变着传统制造业的面貌。科学与技术趋向综合化、整体化，传统的制造技术得以不断深入发展。在 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。

为使机械类专业的学生能对现代制造技术的基本情况有所了解，培养良好的专业素质，编者在广泛参阅相关文献的基础上编写了本书。本书系统地介绍了现代制造技术的基本内容、体系结构和最新进展，在力求保证现代制造技术理论的系统性和完整性的基础上，着重介绍了一些实用、先进、相对成熟的制造技术。

本书由衡阳财经工业职业技术学院汪哲能主编，蔡艳参加编写。清华大学、北京殷华激光快速成形与模具技术有限公司的张定军博士认真审阅了书稿，并提出了宝贵的修改意见。牛顿曾说过：“我之所以比别人看得更远，是因为站在巨人的肩膀上。”在此，编者对编写本书时所参考的书籍及论文的作者表示由衷的谢意。

本书的特点可归纳为：新、多、杂、变。“新”是指本书的内容大都是新近发展起来的制造技术，相对于传统制造技术而言比较新。“多”和“杂”是指本书内容多而且庞杂。现代制造技术的内容繁多而且学科交叉、技术融合，不断衍生出新的分支学科，很多内容的分类不是特别清晰。“变”是指随着科学和制造技术的发展，本书中的一些内容，甚至概念都有可能发生变化。由于现代制造技术是一个正在迅速发展的、综合性强、涉及范围广的领域，编写本书是一项颇具挑战性的工作，尽管编者在编写过程中付出了很大的努力，力求精益求精，但由于水平和视野的限制，书中的不足和欠妥之处仍在所难免，衷心希望得到有关专家、同行和读者的批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 现代制造技术的发展及

体系结构 1

第一节 概述 1

一、相关概念 1

二、制造是人类文明的支柱 3

第二节 现代制造技术的发展 4

一、制造技术的发展历程 4

二、现代制造技术的发展趋势 7

第三节 现代制造技术的体系结构 9

一、现代制造技术的分类 9

二、现代制造技术的特点 9

思考与练习 10

第二章 现代设计技术 11

第一节 概述 11

一、现代设计技术概述 11

二、现代设计技术的发展 11

三、现代设计技术的作用 12

四、现代设计方法 13

第二节 计算机辅助设计 14

一、计算机辅助设计的概念 14

二、计算机辅助设计的发展历程 14

三、计算机辅助设计的功能 15

四、计算机辅助设计的发展趋势 15

第三节 计算机辅助工艺规程 16

一、计算机辅助工艺规程的概念 16

二、计算机辅助工艺规程的发展

历程 16

三、计算机辅助工艺规程的作用 17

四、计算机辅助工艺规程的分类 17

五、计算机辅助工艺规程的发展

趋势 19

第四节 全生命周期设计 20

一、全生命周期设计的概念 20

二、全生命周期设计的特点 21

三、全生命周期设计的意义 21

第五节 反求工程 22

一、反求工程的概念 22

二、反求工程的过程 23

三、反求设计与传统设计、仿制

技术 23

四、反求工程的应用 24

第六节 虚拟设计 25

一、虚拟设计的概念 25

二、虚拟设计的特点 25

三、虚拟样机技术 26

第七节 绿色设计 28

一、绿色设计的概念 28

二、绿色设计的产生背景 28

三、绿色设计的关键技术 29

四、绿色设计原则 30

思考与练习 30

第三章 现代加工制造技术 32

第一节 概述 33

一、现代加工技术 33

二、制造自动化技术 34

三、先进制造技术 36

第二节 超高速加工技术 39

一、高速加工理论 39

二、超高速加工技术的概念 39

三、高速加工、超高速加工的

发展历程 40

四、超高速加工的特点 42

五、超高速加工的关键技术 43

第三节 超精密加工技术 45

一、超精密加工技术的概念 45

二、超精密加工技术的发展历程

及现状 45

三、超精密加工技术的应用 47

四、超精密加工技术的发展趋势 47

第四节 微细加工技术 47

一、微细加工技术的概念 47

二、微细加工技术的特点 48

三、微细加工技术的分类 49

四、微型机械加工技术	50	四、激光加工	91
五、常用微细加工技术简介	50	五、电子束加工	93
六、微细加工技术的发展趋势	53	六、离子束加工	96
第五节 快速成形技术	54	七、超声加工	98
一、快速成形技术概述	54	八、水射流切割	100
二、立体光刻工艺	60	第十二节 再制造工程	102
三、选择性激光烧结工艺	61	一、再制造工程的概念	102
四、熔融沉积成形工艺	62	二、再制造工程的现状分析	102
五、喷墨打印成形	63	三、再制造工程的特点	103
六、三维打印技术	64	四、再制造与维修、再循环的区别	104
七、固基光敏液相法	65	思考与练习	104
八、分层实体制造工艺	65	第四章 现代制造管理技术	106
第六节 数控技术	67	第一节 概述	106
一、数控技术的概念	67	一、现代制造管理技术的相关概念	106
二、数控技术的发展历程	67	二、制造管理技术的发展历程	107
三、数控加工的特点	68	三、现代制造管理技术的基本特点	107
四、数控机床的分类	69	第二节 全面质量管理	108
五、数控加工编程	71	一、全面质量管理的概念	108
第七节 柔性制造系统	72	二、质量管理的发展历程	108
一、柔性制造系统的概念	72	三、全面质量管理的特点	109
二、柔性制造系统的产生和发展	73	第三节 六西格玛管理	110
三、柔性制造系统的组成及功能	74	一、六西格玛管理的概念	110
四、柔性制造系统的特点	75	二、六西格玛管理的发展历程	111
第八节 计算机集成制造系统	76	三、六西格玛管理的特点	111
一、计算机集成制造系统的		第四节 成组技术	112
相关概念	76	一、成组技术的概念	112
二、计算机集成制造系统的内容	76	二、成组技术发展的背景	113
三、计算机集成制造系统的特点	77	三、成组技术的应用	114
四、计算机集成制造系统的		第五节 即时生产	115
发展趋势	78	一、即时生产的概念	115
第九节 绿色制造	78	二、即时生产的产生背景	115
一、绿色制造的概念	78	三、即时生产的特点	116
二、绿色制造的产生背景	79	四、实施即时生产的条件	117
三、绿色制造的发展趋势	80	第六节 物流管理	117
第十节 智能制造	81	一、物流管理的概念	117
一、智能制造的概念	81	二、物流管理的发展历程	117
二、智能制造的产生背景	82	三、物流管理的作用	118
三、智能制造技术	82	第七节 企业资源规划	119
四、智能制造系统	82	一、企业资源规划的发展历程	119
第十一节 特种加工	84	二、企业资源规划的内涵	120
一、特种加工概述	84	三、企业资源规划的特点	121
二、电火花加工	86	第八节 并行工程	121
三、电化学加工	88	一、并行工程的概念	121

二、并行工程的发展历程	122	三、虚拟企业与虚拟开发	128
三、并行工程的目标	123	四、敏捷制造的特点	130
四、并行工程的特点	124	第十一节 虚拟制造	131
第九节 精益生产	125	一、虚拟制造的概念	131
一、精益生产的概念	125	二、虚拟制造的产生背景	131
二、精益生产的产生背景	126	三、虚拟制造的特点	132
三、精益生产的特点	126	四、虚拟制造在制造业中的应用效益	133
第十节 敏捷制造	127	思考与练习	133
一、敏捷制造的概念	127	参考文献	134
二、敏捷制造的产生背景	128		

第一章 现代制造技术的发展及体系结构

◇知识能力目标

1. 掌握制造的概念，了解现代社会制造的特点。
2. 掌握制造技术的概念，了解制造技术的分类。
3. 掌握制造业的概念，了解制造业的作用。
4. 掌握制造系统的概念。
5. 了解制造技术的发展历程。
6. 了解现代制造技术的发展趋势。
7. 掌握现代制造技术的分类，了解现代制造技术的特点。

在日常生活和工业生产中，人们广泛使用着工业产品，大到飞机和汽车，小到闹钟和手机。这些产品虽然在结构、性能和用途上不尽相同，但是都含有机械和电子元件，其诞生都不能脱离制造这一环节。

第一节 概 述

一、相关概念

1. 制造

所谓制造，是一种将有关资源（如物料、能源、资金、人力、信息等），按照社会的需求转变为新的、有更高应用价值的资源（如有形的物质产品和无形的软件、服务等产品）的行为和过程。

制造过程是人们按照市场需求，运用主观掌握的知识和技能，借助手工或可以利用的客观物质工具，利用有效的方法，将原材料转化为最终产品并投放市场的全过程。制造过程可以从不同的角度来理解，如图 1-1 所示。

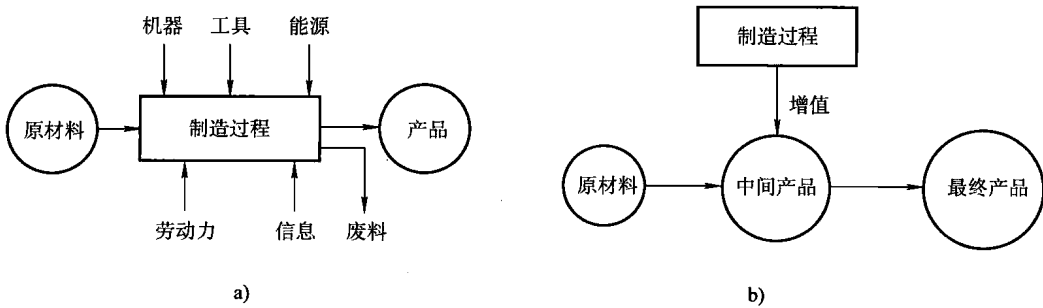


图 1-1 制造过程

a) 从技术角度理解制造过程 b) 从经济角度理解制造过程

“制造”有两种理解方式：一种是狭义的制造概念，指产品的“制作过程”，即生产车间接与物流有关的加工和装配过程，可称作“小制造概念”，如机械加工过程；另一种是广义的制造概念，指产品整个生命周期过程，又称为“大制造概念”，包含市场分析、产品设计、工艺设计、生产准备、计划控制、生产工艺过程、装配检验、质量保证、生产过程管理、市场营销、售前售后服务，以及产品报废后的回收处理等整个产品生命周期内的一系列相互联系的生产活动。本书所涉及的制造概念主要指“大制造概念”，涉及国民经济的大量行业，如机械、电子、化工、食品、军工等。

现代社会的制造主要有以下三个特点：

(1) 大制造 大制造包括光机电产品的制造（离散制造）、工业流程制造（连续制造）、材料制备等，是一种广义的制造概念。按不同行业，大制造可分为机械制造、食品加工、轻工制造、化工制造、IT（信息技术）产品、工程机械制造等；从制造方法来看，大制造不仅包括机械加工方法，还包括高能束加工方法、微机械加工方法、电化学加工方法、快速成形技术等。

(2) 全过程 制造不再仅仅指产品从毛坯到成品的加工和制造过程，而是指相关工作人员进行的包括产品的市场信息分析、产品决策（市场调研和预测）、产品设计、选材和工艺设计、生产准备、加工和制造过程（生产加工、质量管理、生产过程管理）、市场营销、产品售前和售后服务、报废产品的处理和回收，以至产品全生命周期的设计、制造和管理，即产品生命循环周期内一系列相互联系的活动过程。

(3) 多学科 现代制造的多学科性，指其是微电子、计算机、自动化、网络通信等信息科学、管理科学、生命科学、材料科学与工程、制造科学的交叉和融合。

2. 制造技术

制造技术是使原材料成为人们所需产品而使用的一系列技术和装备的总称，是涵盖整个生产制造过程的各种技术和装备的集成。

从广义上讲，制造技术包括设计技术、加工制造技术、管理技术三大类。设计技术是指开发、设计产品的方法；加工制造技术是指将原材料加工成设计产品而采用的生产设备及方法；管理技术是指将产品生产制造所需的物料、设备、人力、资金、能源、信息等资源有效地组织起来，以达到生产目的的方法。

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，二者的分界时间大体是在20世纪50~60年代，分界的主要标志是当时先后诞生的计算机、数控机床、工业机器人等科学技术。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。

制造技术是当代科学技术发展过程中最为活跃的领域，是产品更新、生产发展、国际间经济竞争所依赖的重要手段。在已经过去的20世纪里，工业发生了根本性变化，科技进步对工业发展产生了前所未有的强大推动力，知识作为财富的最重要源泉比历史上任何时候表现得都为突出。在工业发达国家里，技术进步对经济增长的贡献率已超过60%。

3. 制造业

制造业是指对采掘的自然物质资源和工农业生产的原材料进行加工和再加工，以及对零部件进行装配，为国民经济其他部门提供生产资料，为全社会提供生活资料的社会生产部门。制造业涉及国民经济的许多行业，包括机械、食品工业、化工、建材、冶金、纺织、电

子电器等。其中,制造生产资料的行业称为重工业,制造生活资料的行业称为轻工业。重工业与轻工业生产的产品并非以物理意义上的重与轻来区分,而是以生产资料与生活资料来区分。比如纸张用于企业的包装材料,属生产资料,是重工业产品;如果最终被个人用户使用,则属生活资料,是轻工业产品。

制造业是“永远不落的太阳”,在现代文明中起着重要作用。它既占有基础地位,又处于前沿和关键地位;既古老,又年轻;它是工业的主体,是国民经济持续发展的基础;它是生产工具、生活资料、科技设备、国防装备等的依托,是现代化的动力源之一。制造业是人类创新发明和新技术的最大载体,在最能体现人类创造性的发明专利中,绝大部分都与制造业的需求有关,并应用于制造业。

从全球范围来看,制造业无疑是支撑现代社会经济最为重要的产业之一,其生产总值一般占一个国家国内生产总值的20%~55%,是创造社会财富的支柱产业,各种产业的发展均有赖于制造业的支持。机械制造业,尤其是装备制造业,对一个国家、一个民族而言,具有十分重要的作用。

制造业的发展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,而制造技术水平对制造业的发展有着举足轻重的影响。换言之,制造业发展水平和制造技术水平的高低是判断一个国家综合国力的重要依据。

4. 制造系统

制造系统是制造过程及其所涉及的硬件(物料、设备、工具和能源等)、软件(制造理论、制造工艺和制造信息等)和人员,共同组成的一个将制造资源转变为产品(含半成品)的有机整体,是制造业的基本组成实体。

从功能上看,制造系统是一个输入制造资源(原材料、能源等),通过制造过程输出产品或半成品以及服务的输入输出系统。

现代制造系统可看成是制造生产的运行过程,包括市场分析、产品设计、工艺规划、制造装配、检验出厂、产品销售及售后服务等各个环节的制造全过程。

二、制造是人类文明的支柱

以前,人们将材料、能源、信息称为人类文明的三大物质支柱。随着制造业在社会发展和国民经济中发挥越来越重要的作用,现在人们普遍认为人类文明应该有四大支柱,即在前述三个支柱的基础上再加上制造。形象地讲,人是从制造第一把石刀开始的。在阐述人类起源与制造的关系时,恩格斯曾说过:“直立和劳动创造了人类,而劳动是从制造工具开始的。”毛泽东在《贺新郎·读史》中写道:“人猿相揖别,只几个石头磨过,小儿时节。”在分析人类现代文明时,马克思说:“大工业必须掌握这特有的生产资料,即机器的本身,必须用机器生产机器。这样,大工业才建立起与自己相应的技术基础,才得以自立。”从这些伟人的论述中,我们不难得出这样的结论:没有制造,就没有人类;没有制造,就没有人类文明。

制造业在今后相当长一段时期内仍是经济增长的主要支柱,我们要依靠制造业为人民提供各种生活用品、工农业所需要的生产资料、服务业所需要的各种设施、基础设施所需要的各种装备、国防所需要的各种武器、科技发展所需要的各种仪器设备以及保证人民健康所需要的各种医疗仪器和药品、精神文明建设所需要的物质条件等。

第二节 现代制造技术的发展

一、制造技术的发展历程

人类的活动离不开制造，人类活动的水平受到制造水平的极大制约，人类的发展过程就是一个不断的制造过程。

1. 制造的初始阶段

人类最早的制造活动可以追溯到新石器时代。在这一时期，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。

在这一时期，先后出现了两个阶段的以作坊式生产为特征的单件生产方式。第一阶段的特点是操作者按照每个用户的要求，单独制作每件产品，产品的零部件不存在互换性，产品制作依靠的是操作者娴熟的技艺。单件生产方式的第二阶段是在第二次社会大分工，即手工业与农业相分离时期，特点是专职工匠的形成，手工业者完全依靠制造谋生，制造工具的目的不是为了自己使用而是为了同他人交换。

2. 近代制造技术的发展历程

单件生产方式的第三阶段是以 18 世纪中叶蒸汽机的发明为标志，形成了近代制造体系。从业者在产品设计、机械加工和装配方面都有较高的技艺，大多数从学徒开始，最后成为制作整台机器的技师或作坊主。

(1) 蒸汽机的发明 18 世纪，以蒸汽机的发明为标志的英国工业革命，揭开了工业经济时代的序幕，开创了机器占主导地位的制造业新纪元，造就了制造业企业雏形——工场式生产。在工场式生产中，机器开始代替人从事各种工作，把人类从繁重的重复性劳动中解放出来。随着蒸汽机的大量使用，机械技术开始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，这造就了第一次工业革命的产生。从此，制造技术步入了一个崭新的发展阶段。

(2) 内燃机的发明 19 世纪末 20 世纪初，交通与运载工具对轻小、高效发动机的要求，是内燃机得以发明的社会动因。内燃机的发明及其宏大的市场需求，引发了制造业的又一次革命。内燃机制造技术的出现和发展，促成了现代汽车、火车和舰船的诞生。

(3) 刚性自动化生产方式的出现 产业革命中诞生的能源机器（蒸汽机和内燃机）、作业机器（纺织机）和工具机器（机床），为制造活动提供了能源和技术，并开拓了新的产品市场。

人类社会对以汽车、武器弹药为代表的产品的大批量需求，促使制造向标准化、自动化的方向发展。福特（Henry Ford）、斯隆（Alfred P. Sloan）开创的零件可互换的标准化技术和大批量流水线生产模式，以及泰勒（Frederick Winslow Taylor）创立的以劳动分工和计件工资为基础的科学管理理论，导致了制造技术的分工和制造系统的功能分解，从而大幅度降低了生产成本。

在推动单件生产方式向大批量生产方式的转化中，两个美国人起了重要的作用。

泰勒首先研究了刀具寿命和切削速度的关系，继而在工厂进行实践研究，制订出了工序标准，提出了以劳动分工和计件工资制为基础的科学管理方法，从而成为制造工程学科的奠基人。

福特创造性地建立了大量生产廉价 T 型汽车的专用流水线（图 1-2），标志着“大批量生产”制造模式的诞生。“大批量生产”制造模式又被称为“底特律式自动化”，它具有明显的降低成本、提高劳动生产率的优势，在当时的社会背景下，成功地实现这种模式，就意味着极大地提高了企业的竞争力，因此，迅速成为各国纷纷学习的先进制造模式。这一学习过程的完成，标志着人类实现了制造模式的第一次大转变，即由单件小批量生产模式转变为以标准化、通用化、集中化为主要特征的大批量生产模式，形成了社会化的大生产。这种模式推动了世界工业化进程，使世界经济得到高速发展，并为社会提供了大量的物质产品，促进了市场经济的形成，使人类的物质文明有了很大提高。

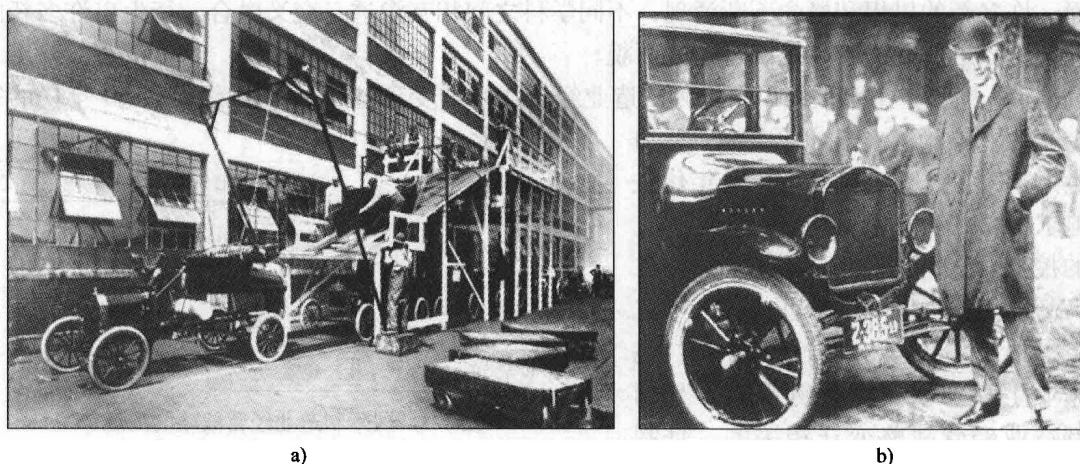


图 1-2 世界上第一条流水生产线及生产出的福特 T 型车

a) 1913 年的福特 T 型车生产线 b) 亨利·福特与 T 型车

以大批量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。大批量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，产生了深刻影响。以大批量生产方式为主的机械制造业逐渐成为制造活动的主体。

传统的大批量生产模式的核心思想在于提高生产效率，因而围绕着制造的方方面面形成了配置企业内部资源和社会资源的刚性系统。

3. 现代制造技术的发展历程

随着世界经济的高速发展和人们生活水平的不断提高，世界市场环境发生了巨大变化。这一方面表现为消费者的价值观念发生了根本变化，消费需求日趋主体化、个性化和多样化；另一方面，随着交通、通信技术的发展和各国对贸易限制的减少，世界市场开始沿地域合并，生产竞争出现全球化趋势。在这种情况下，制造业面临着一个被消费者偏好分化、变化迅速且无法预测的买方市场。而传统的刚性制造系统很难重新配置，大批量生产方式难以适应市场的迅速变化和发展，不能实现制造资源的动态优化整合，这已经成为阻碍进行快速

产品创新的主要矛盾。

为保证快速产品创新,实现制造业生产方式的历史性变革已刻不容缓,于是,制造业开始了新的生产模式的研究和尝试。

20 世纪 60 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、中小批量生产方式创造了有利条件。

近半个世纪以来,制造技术的发展日新月异,特别是近 30 年来,随着科学技术的迅猛发展,尤其是以计算机、信息技术为代表的高新技术的发展,使制造技术的内涵和外延发生了革命性变化。制造技术不断吸收信息、材料、能源及管理等领域最新成果,综合应用于产品的设计、制造、检测、生产管理和售后服务等环节。在加工制造技术和制造管理技术等方面,许多新的思想和概念不断涌现,不同学科之间相互渗透、交叉融合,衍生出许多新的研究领域,迅速改变着传统制造业的面貌。

图 1-3 反映了半个世纪以来国际制造业经营战略的变迁过程。20 世纪 50~60 年代的制造企业大多崇尚“规模效益第一”,追求生产规模的扩大;20 世纪 70 年代主要追求“价格竞争第一”,注重生产成本的控制;20 世纪 80 年代重点关注“产品质量第一”;而 20 世纪 90 年代则更多地把“市场响应速度第一”视作企业生存与获益的关键因素。与国际制造业经营战略变迁相关的,是制造技术的发展。现代制造技术的发展历程如下:

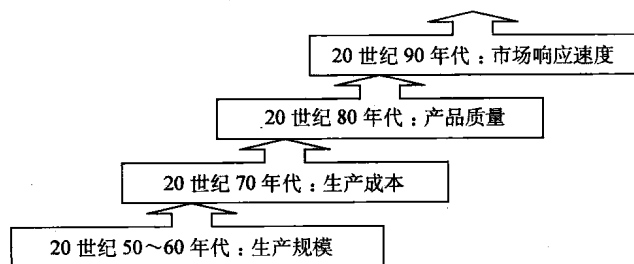


图 1-3 国际制造业经营战略的变迁

(1) 柔性生产方式的产生 第二次世界大战后,市场需求多样化、个性化、高品质的趋势推动了微电子技术、计算机技术、自动化技术的飞速发展,导致了制造技术向程序控制的方向发展,柔性制造系统、计算机集成制造及精益生产等相继问世。制造技术由此进入了面向市场多样需求的柔性生产新阶段,继而引发了生产模式和管理技术的革命。

(2) 微型机械、微电子技术和激光的出现 1959 年提出的微型机械设想,在信息技术、生物学工程、航空航天、国防及诸多民用产品的市场需求推动下,得以成为现实,并仍将拥有灿烂的发展前景。

以集成电路为代表的微电子技术的广泛应用,有力地推动了微电子制造工艺水平的提高和微电子制造装备业的快速发展。

激光的发明,导致了巨大的光通信产业及激光测量、激光加工和激光表面处理工艺的发展。

(3) 现代制造技术的产生 20 世纪末,信息技术的发展促成了传统制造技术与以计算机为核心的信息技术和现代管理技术的有机结合,形成了当代先进制造技术和现代制造业,从而为当今世界丰富多彩的物质文明奠定了可靠基础。由此可见,创新的动力既来自于市场需求,也源于科学发明与技术进步。技术创新不仅仅被动地满足市场的需求,它还能主动地

创造新的市场、新的战略性需求。

在过去的 20 世纪中,制造技术两大突破性创新分别是数控加工技术和快速成形技术(又称生长型制造技术)。

21 世纪的制造技术,正在向全球化、自动化、绿色化、集成化的方向发展。新世纪的制造技术,是在传统制造技术基础上融合了计算机技术、信息技术、自动控制技术、人工智能技术、新材料技术及现代管理理念,并将其综合应用于产品设计、制造过程、检测、销售以及回收的全过程,以实现优质、高效、低耗、柔性、洁净的生产目标。

二、现代制造技术的发展趋势

进入 21 世纪,制造业面临着新的挑战和机遇,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、高新技术发展的需求、愈加激烈的市场竞争的需要,现代制造技术的发展趋势必然会体现在以下几个方面:

1. 设计技术不断现代化

产品设计是制造业的灵魂,目前,产品设计技术正在不断向现代化方向发展,以实现数字化、集成化、智能化、并行化、网络化、协同化、虚拟化、微型化和绿色化(生态化),并且正逐步成为相对独立、平台共享的智力产业,正为现代制造的发展提供新的基础和支撑。

2. 加工制造技术不断发展

成形制造技术正向精密成形和净成形的方向发展,主要技术包括精密铸造技术、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可达纳米级,进入了纳米时代。在超高速加工方面,目前的主轴转速可达 150000r/min ,进给速度和快速移动速度均可达 120m/min ,加速度可达 $2g$ (g 为重力加速度)。在加工对象方面,已发展到一些较难加工的材料上。

随着激光、电子束、离子束、等离子体、微波、超声波、电磁等新能源及能源载体的引入,形成了多种崭新的特种加工及高能束切割、焊接、熔炼、锻压、热处理、表面处理等加工工艺。

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在现代加工制造中的应用,扩展了加工对象,促成了某些新型加工技术的产生,如超塑成形、等温锻造、扩散焊接、超硬材料的高能束加工、陶瓷材料的粉浆浇注、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,即制造系统能够根据用户的需求,快速生产多样化的产品。制造系统的柔性化,正在从数控技术和柔性制造系统等底层加工系统的柔性化向上层柔性化转变。并行工程和大量定制生产模式(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,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(因特网),参与产品的开发设计、加工制造、营销服务等产品全生命周期活动,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

自 20 世纪 70 年代微处理器诞生以来,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两个方向发展。

(1) 从企业内部的信息集成、功能集成,发展为产品全生命周期的过程集成 信息集成可实现自动化孤岛的连接,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技术,实现了产品开发过程、企业经营过程的集成和优化。

(2) 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 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。

(3) 系统集成是制造业创新的重要形式 在 market 需求的驱动下,人们将已获取的新知识、新技术创造性地集成起来,以系统集成的方式创造出新产品、新工艺和新技术,从而满足不断发展变化的市场需求。

未来的制造业是可持续发展的制造业,而实现制造业的可持续发展,必须依靠关键技术创新和系统集成创新,包括依靠技术、体制和管理的集成创新。

从运载火箭、波音 787 飞机到家用电器,从普通机床到加工中心、激光加工设备,从打印机到超级计算机等,大都是集成创新的产物。以波音飞机为例,它把空气动力学、喷气发动机、航空材料、导航、通信等最新科学技术加以集成创新,满足了航空市场对运力大且较经济的洲际交通工具的需求,实现了民用客机的技术跨越。

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,制造管理模式也在不断发生变革,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;企业的组织架构从金字塔式的组织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,以强化快速响应的市场竞争策略。

6. 绿色制造已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。20 世纪 70 年代以来,制造业等行业造成的污染,对环境的破坏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。绿色制造是人类社会可持续发展战略在现代制造业的具体体现。

7. 制造全球化正在加速发展

进入 21 世纪,随着经济全球化的迅速发展,制造全球化的趋势也日益显现。制造全球化除了跨国生产之外,还包括产品设计与开发的国际化、制造企业在全世界范围内的重组与整合、制造资源的跨国采购与利用、制造技术及信息和知识的全球共享、产品制造地与销售市场的分布及协调、市场营销的国际化等。制造全球化有利于生产要素在全世界范围内的快速流动,使制造企业最大规模地合理配置资源,追求最佳经济效益,已经成为 21 世纪制造技术发展的必然趋势。

第三节 现代制造技术的体系结构

一、现代制造技术的分类

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。从制造技术的功能性角度,可将现代制造技术分为五大类型。

1. 现代设计技术

现代设计技术是以产品的质量、性能、时间、成本/价格综合效益最优为目的,以计算机辅助设计技术为主体,以知识为依托,以多种科学方法及技术为手段,研究、改进、创造产品活动过程中所用到的技术群体的总称。

2. 现代加工技术

广义的现代加工技术是对各种加工方法和制造工艺规程的总称。现代制造技术的发展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。随着机械制造工艺水平的提高,加工制造精度也在不断地提高。超高速加工技术的应用和不同工序的集成,大大地提高了机械加工的效率。新型材料的不断推陈出新,既扩展了加工对象,又促进了新型加工技术的出现。新的制造工艺理念的突破,诞生了快速成形等新型加工模式。

3. 制造自动化技术

制造自动化是在制造过程的所有环节均采用自动化技术后,所实现的制造全过程的自动化。制造自动化技术的任务是研究制造过程中规划、管理、组织、控制与协调优化等环节的自动化,以实现产品制造过程的优质、高效、低耗、柔性和洁净。

4. 制造管理技术

从广义上讲,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,是一个非常重要的方面。要使制造系统高效地运作,离不开有效的管理,也就离不开制造管理技术。

5. 先进制造技术

所谓先进制造技术,是指集机械工程技术、电子技术、自动化技术、信息技术等多种技术为一体的,用于制造产品的技术、设备和系统的总称。

二、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、管理等科学技术与制造科学技术的交叉融合。与传统制造技术相比,现代制造技术具有以下特点:

1. 现代制造技术的研究范围更加广泛

传统制造技术一般是指加工制造过程中所使用的工艺方法,而现代制造技术则覆盖了产品决策、设计、加工制造、销售、使用、维修和回收的产品全生命周期。

2. 现代制造技术呈多学科、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,学科间界限分明,而现代制造技术的学科相互交叉,技术相互融合,形成了集成化的新技术。

3. 现代制造技术注重环境效益

现代制造技术的基础是优质、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，在制造过程中注重环境保护问题，以实现经济效益和社会效益的协调共赢。

4. 现代制造技术从单一目标向多元目标转变

制造系统从原来的单纯注重产品质量，发展到强调和优化制造系统的 T (Time, 交货或新产品上市时间)、Q (Quality, 产品质量)、C (Cost, 产品成本)、S (Service, 服务)、E (Environment, 环保) 等诸要素，以满足日益激烈的市场竞争要求。这种转变已成为制造企业赢得竞争的主要手段。

5. 现代制造技术强调信息流的重要性

在工业化社会里，制造过程被视为对生产设备输入原料或毛坯，在能量驱动作用下，使原料或毛坯的几何形状或物理化学性能发生变化，最终成为满足各种用途的产品的过程，这是一种传统的制造观。现代制造技术正在从以物质流和能源流为要素的传统制造观，向以信息流、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过了物质流和能源流。

新技术革命使人类从工业社会进入信息社会，同时形成了一种新的制造观——信息制造观。这种观点将制造过程看成一个对制造系统注入生产信息，从而使产品获得增值的过程。

6. 现代制造技术特别强调以人为本，强调组织、技术与管理的集成

现代制造技术特别强调人的主体作用，强调人、技术与管理三者的有机结合。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进步，而先进的管理模式又推动了制造技术的应用。

7. 现代制造技术具有鲜明的时代特征

现代制造技术是动态的技术，是针对一定的应用目标，不断吸收各种高新技术逐渐形成和发展起来的新技术，因而其内涵不是绝对的和一成不变的。在不同时期、不同的国家和地区，现代制造技术有其自身不同的特点、重点、目标和内容。

思考与练习

1. 什么叫制造？如何理解制造过程？
2. 现代社会的制造有何特点？
3. 如何理解轻工业与重工业的区别和联系？
4. 如何理解“制造是人类文明的支柱”这一说法？
5. 通过查找资料了解福特、斯隆、泰勒的基本信息和他们对制造业的影响和贡献。
6. 现代制造技术的发展趋势体现在哪几个方面？
7. 通过查找资料了解现代制造技术的发展现状。
8. 现代制造技术包含了哪些内容？有哪些特点？

第二章 现代设计技术

◆知识能力目标

1. 掌握现代设计技术的概念,了解现代设计技术的发展,了解现代设计技术的作用,了解现代设计技术的方法。
2. 掌握计算机辅助设计的概念,了解计算机辅助设计的功能,了解计算机辅助设计的发展历程及发展趋势。
3. 掌握计算机辅助工艺规程的概念,了解计算机辅助工艺规程的作用,了解计算机辅助工艺规程的分类,了解计算机辅助工艺规程的发展历程及发展趋势。
4. 掌握全生命周期设计的概念,了解全生命周期设计的特点,了解全生命周期设计的意义。
5. 掌握反求工程的概念,了解反求工程的过程,了解反求创新设计的相关内容,了解反求工程的应用。
6. 掌握虚拟设计的概念,了解虚拟设计的特点,了解虚拟样机技术的相关内容。
7. 掌握绿色设计的概念,了解绿色设计的产生背景,了解绿色设计的关键技术,了解绿色设计原则。

第一节 概 述

一、现代设计技术概述

现代设计技术是根据产品功能要求及市场竞争要素如质量、成本、服务等方面的要求,综合运用现代科学技术,通过设计开发人员科学、规范以及创造性的工作,制作出载有相应文字、数据、图形等信息的技术文件,制订出用于产品制造的设计方案的科学技术。

现代设计技术是现代制造技术的基础,是现代科技发展和全球市场竞争的产物,涉及的学科领域很多,是一门涉及多专业、多学科而且所涉及的专业和学科相互交叉融合的综合性很强的基础科学技术,是传统设计技术的继承、延伸和发展。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,现代设计技术可谓是日新月异,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、计算机辅助工艺规程设计、计算机辅助装配工艺设计、计算机辅助夹具设计、反求工程、全生命周期设计、基于网络技术的异地设计、智能设计、虚拟设计、绿色设计等设计技术。

二、现代设计技术的发展

现代设计技术使产品设计开发建立在现代科学技术的基础之上。随着科学技术的发展,