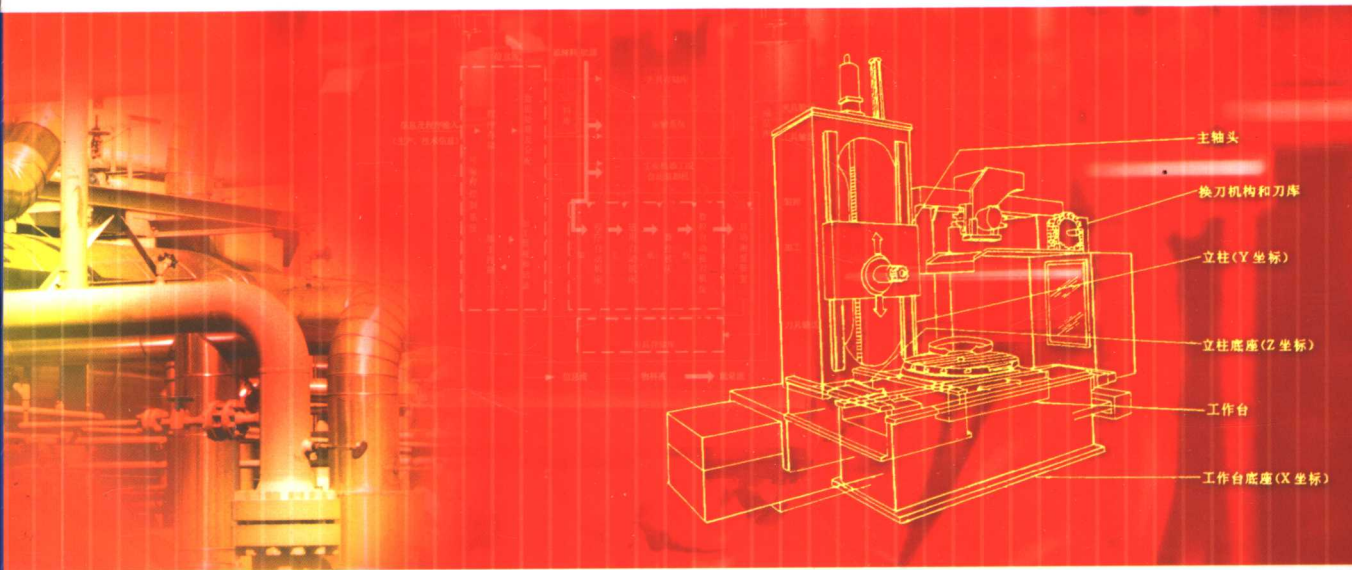


21

21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材



先进制造技术

何涛 杨竞 范云 等编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

先进制造远不只是金属切削、晶片刻蚀和装配过程,而是具有“大制造、全过程、多学科”的一门科学、技术、艺术、商务。首先它的研究对象是“大制造”,即它应包括光机电产品的制造、工业流程制造、材料制备等,是一种广义制造;其次它是机械、信息、材料、生物、物理、化学及现代管理技术等“多学科”交叉;最后它涉及从产品开发与设计、制造、检测、管理及售后服务到报废处理的制造“全过程”。

本书是一本介绍先进制造科学与技术的总论型教材。它以先进制造科学和技术理论为基础,以先进制造技术的体系结构为总框架,对制造及制造系统本质、先进设计群、制造理念和模式、先进制造中的管理模式、新一代加工技术进行了介绍,使机械相关学科的学生能全面、系统地认识先进制造技术。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术/何涛,杨竞,范云等编著. —北京:北京大学出版社,2006.1
(21世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材)
ISBN 7-301-09306-3

I. 先… II. ①何… ②杨… ③范… III. 机械制造工艺—高等学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第069403号

书 名: 先进制造技术

著作责任者: 何涛 杨竞 范云 等编著

责任编辑: 黄庆生 刘标

标准书号: ISBN 7-301-09306-3/TH·0032

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印刷者: 河北涿县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×980毫米 16开本 17.5印张 375千字

2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

定 价: 27.00元

前 言

制造是推动人类历史发展和文明进程的主要动力。它不仅是经济和社会发展的物质基础,也是创造人类精神文明的重要手段,在国民经济中起着重要的作用。

自 20 世纪 60 年代以来,一方面,世界市场的特征由传统的相对稳定逐步演变成动态多变,由过去的局部竞争演变成全球范围内的竞争,同行业之间、跨行业之间的相互渗透、相互竞争日益激烈。为了适应变化迅速的市场需求,提高企业核心竞争力,现代的制造企业必须很好地解决 TQCSE 难题。另一方面,科学技术的进步,特别是信息技术、管理技术、微电子技术、纳米技术、生物技术等的进步,对制造科学与技术产生了非常广泛而深刻的影响。新的设计理论、新的制造理念和模式、新的加工工艺、新的管理模式等不断涌现,这些都彻底地改变了传统的制造业,从而形成了新兴的先进制造技术体系。

先进制造远不只是金属切削、晶片刻蚀和装配过程,而是具有“大制造、全过程、多学科”的一门科学、技术、艺术、商务。首先它的研究对象是“大制造”,即它应包括光机电产品的制造、工业流程制造、材料制备等,是一种广义制造;其次它是机械、信息、材料、生物、物理、化学及现代管理技术等“多学科”交叉;最后它涉及从产品开发与设计、制造、检测、管理及售后服务到报废处理的制造“全过程”。

本书是一本介绍先进制造科学与技术的总论型教材。它以先进制造科学和技术理论为基础,以先进制造技术的体系结构为总框架,对制造及制造系统本质、先进设计群、制造理念和模式、先进制造中的管理模式、新一代加工技术进行了介绍,使机械相关学科的学生能全面、系统地认识先进制造技术。

本书由北京科技大学和山东轻工业学院的 7 位老师、博士编写:何涛(策划、统稿及第 1 章、第 4 章的编写)、杨竞(策划及第 2 章、第 3 章的 3.4 的编写)、范云(策划及第 3 章 3.1~3.3、3.5 的编写)、王啸峰(第 6 章的编写)、李传民(第 3 章 3.6~3.8 的编写)、曹芳(第 5 章 5.1 的编写)、娄易志(第 5 章 5.2 的编写)。李代丽硕士协助进行了附录的整理工作。

黄庆生先生细心审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中,国家高效零件轧制研究与推广中心王宝雨研究员、刘晋平副研究员给予了很大的鼓励,并提出了许多宝贵的意见,在此表示诚挚的谢意。感谢所有参考资料的作者,他们的精辟理论、创新思想、优秀技术、成功应用使本书增色不少。同时还要感谢北京大学出版社在本书出版过程中给予的帮助和支持。

由于先进制造涉及的学科知识面非常广泛,远非我们的知识、能力所能覆盖,加之时间仓促,书中纰漏在所难免,恳请广大师生、读者不吝赐教!

编 者
2005 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 制造	1
1.1.1 制造的含义	1
1.1.2 制造在国民经济中的作用	2
1.1.3 我国制造业的现状	3
1.1.4 应对未来制造挑战的战略和关键技术	4
1.2 制造系统	6
1.2.1 制造系统的含义	6
1.2.2 制造系统的概念模型	7
1.2.3 制造系统的特征	9
1.3 先进制造技术	11
1.3.1 先进制造技术的内涵	12
1.3.2 先进制造技术的特征	13
1.3.3 先进制造技术的体系结构	14
1.3.4 先进制造技术的发展趋势	18
1.4 思考题	21
第 2 章 现代设计方法	22
2.1 现代设计方法概论	22
2.1.1 设计发展的基本阶段	22
2.1.2 现代设计的特征	23
2.1.3 现代设计的体系结构	26
2.1.4 现代设计方法简介	28
2.1.5 现代设计方法发展趋势	30
2.2 计算机辅助设计 (CAD)	31
2.2.1 CAD 概念	31
2.2.2 CAD 的发展历程	32
2.2.3 现代 CAD 技术的研究内容	33
2.2.4 参数化设计和变量化设计	34

2.2.5	特征建模技术.....	35
2.2.6	CAD 市场状况及主流软件产品	38
2.2.7	CAD 技术的发展趋势	39
2.3	优化设计	42
2.3.1	优化设计的基本术语	42
2.3.2	优化设计的一般流程	43
2.3.3	优化设计建模	44
2.3.4	优化计算方法	47
2.3.5	多目标优化设计	50
2.3.6	优化计算方法的选用	52
2.3.7	典型实例	54
2.4	可靠性设计	58
2.4.1	可靠性设计含义	58
2.4.2	可靠性设计特征	59
2.4.3	可靠性设计内容	60
2.4.4	可靠性设计发展趋势	60
2.5	绿色设计	61
2.5.1	绿色设计的概念	61
2.5.2	绿色设计的特征	63
2.5.3	绿色设计过程模型	64
2.5.4	产品的可拆卸性设计	69
2.5.5	产品的可回收性设计	71
2.5.6	绿色设计的实施策略	74
2.5.7	绿色设计的发展趋势	75
2.6	思考题	75
第 3 章	先进制造的理念和模式	77
3.1	柔性制造系统	77
3.1.1	柔性制造的概念	77
3.1.2	柔性制造的分类	78
3.1.3	柔性制造系统的工作原理	79
3.1.4	柔性制造系统的组成	81
3.1.5	FMS 的生产作业计划	91
3.1.6	FMS 的调度	92
3.1.7	柔性制造的发展趋势	95

3.1.8 典型案例.....	96
3.2 并行工程	98
3.2.1 并行工程的概念.....	98
3.2.2 并行工程的特点.....	100
3.2.3 并行工程的4个关键要素.....	101
3.2.4 并行工程的研究现状.....	103
3.2.5 典型案例.....	104
3.3 计算机集成制造(CIMS)	105
3.3.1 CIM/CIMS的基本概念	105
3.3.2 CIMS的发展阶段.....	108
3.3.3 CIMS的功能构成.....	109
3.3.4 CIMS的体系结构.....	112
3.3.5 CIMS的发展趋势.....	116
3.3.6 典型案例.....	118
3.4 虚拟制造	121
3.4.1 虚拟制造的定义.....	122
3.4.2 实际制造和虚拟制造的关系.....	122
3.4.3 虚拟制造的特征.....	123
3.4.4 虚拟制造的分类.....	124
3.4.5 虚拟制造系统的体系结构.....	125
3.4.6 虚拟制造的研究任务.....	131
3.4.7 虚拟产品的支撑技术.....	131
3.4.8 虚拟制造技术现状分析.....	134
3.4.9 虚拟制造的应用范例.....	136
3.5 敏捷制造	137
3.5.1 敏捷制造的概念和特征.....	138
3.5.2 敏捷制造研究内容和现状.....	139
3.5.3 敏捷制造的组织形式——敏捷虚拟企业	140
3.6 智能制造	142
3.6.1 智能制造的含义和特征.....	142
3.6.2 智能制造的关键技术.....	143
3.6.3 智能制造的发展趋势.....	144
3.6.4 典型案例.....	144
3.7 绿色制造	147
3.7.1 绿色制造的含义和特点.....	148

3.7.2 绿色制造的研究内容体系	149
3.7.3 绿色制造的发展趋势	152
3.8 网络制造	154
3.8.1 网络制造的内涵和特征	154
3.8.2 网络化制造功能模块的组成	155
3.8.3 典型案例	157
3.9 思考题	159
第4章 新一代制造技术	160
4.1 MEMS 与微制造	160
4.1.1 MEMS 的含义	161
4.1.2 MEMS 的特征	162
4.1.3 MEMS 的研究领域	163
4.1.4 MEMS 的设计技术	164
4.1.5 MEMS 的测量技术	165
4.1.6 MEMS 的加工	165
4.1.7 MEMS 的封装	172
4.1.8 MEMS 的应用	175
4.1.9 MEMS 发展的趋势	178
4.2 快速原型制造技术	179
4.2.1 快速原型制造的概念	179
4.2.2 RP 成形原理	180
4.2.3 RPM 的主要成形工艺	181
4.2.4 快速原型技术的特点及应用领域	186
4.2.5 RPM 技术的发展趋势	187
4.3 精密与超精密加工技术	188
4.3.1 精密与超精密加工的概念	189
4.3.2 精密、超精密加工设备	190
4.3.3 加工工具和被加工材料	190
4.3.4 精密与超精密加工的主要加工方法	192
4.3.5 精密、超精密加工环境	194
4.3.6 检测与误差补偿	195
4.3.7 超精密加工技术的发展趋势	196
4.4 思考题	196

第 5 章 现代生产管理模式	198
5.1 物料资源规划 (MRP)	198
5.1.1 MRP 的发展历程	200
5.1.2 MRPII 的主要技术环节	204
5.1.3 ERP 中的典型功能扩充	212
5.1.4 ERP 发展趋势	215
5.2 准时生产 (JIT)	217
5.2.1 JIT 概念	217
5.2.2 JIT 的体系结构	218
5.2.3 JIT 的实施	227
5.2.4 MRP 与 JIT 的比较	227
5.3 思考题	229
第 6 章 产品数据管理	230
6.1 概述	231
6.1.1 PDM 的含义	231
6.1.2 PDM 的发展历程	231
6.1.3 产品协同商务 (CPC)	233
6.1.4 产品生命周期管理 PLM	233
6.1.5 PLM 典型体系结构	236
6.1.6 PDM 发展趋势	237
6.2 PDM 的体系结构与功能	238
6.2.1 PDM 体系结构	238
6.2.2 PDM 的功能	241
6.3 PDM 的应用实施	244
6.3.1 PDM 在企业中实施的方法与步骤	244
6.3.2 典型案例	246
6.4 思考题	249
附录 I 缩略词表	250
附录 II 二次扩展内罚函数 FORTRAN 程序	253
参考文献	268

第 1 章 绪 论

1.1 制 造

1.1.1 制造的含义

制造 (manufacturing) 一词来源于拉丁语 manu (意为“用手工”) 和 facere (意为“制作”)。几百年来, 制造一直是由人们靠手工艺和体力劳动完成的。自 200 年前的工业革命以来, 机器发挥着越来越重要的作用, 制造业有了飞速的发展。制造不仅成为人类物质财富创造的重要手段, 也成为许多国家的支柱产业。

1983 年, 国际生产工程学会 (CIRP) 把制造定义为: 包括制造企业的产品设计、材料选择、规划、制造的生产、质量保证、管理和营销的一系列有内在联系的活动和运作/作业。

1998 年, 美国国家研究委员会 (NRC) 认为: 制造是创造、开发、支持和提供产品与服务所要求的过程和组织实体。

2002 年, 美国生产与库存控制学会 (APICS) 提出: 制造是包括设计、物料选择、规划、生产、质量保证、管理和对离散顾客与耐用货物营销的一系列相互关联的活动和运作/作业。

依照上述的定义与内涵, 可以看出: 制造是人类按照市场需求, 运用知识和技能、借助工具、采用有效的方法, 将原材料转化为最终产品并投放市场的全过程。它远不只是金属切削、晶片刻蚀和装配过程, 而是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、市场营销、售前售后服务以及报废后产品回收处理等产品循环周期内一系列相关的活动。

(1) 制造是一门艺术。从根本上讲, 制造是人类生存和发展的基础, 所以人们在面向对象的制造设计中首先考虑的可能是其经济性和实用性, 但事情远非这么简单。在任何一家陈列艺术品的博物馆中, 都会有许多物品如珠宝、项链, 它们仅仅作作为装饰, 但人们却愿意花大笔的钱请工匠去制造它们。因此对于面向制造的设计进行经济、实用性分析时必须记住最终用户是谁, 一件极其漂亮甚至几乎不能被制造的产品也许才是用户为此付款的原因。

(2) 制造是一门技术。必须承认, 如果没有蒸汽机的发明, 工业革命是无法开始的。

蒸汽机, 机床, 交换性、高速钢切削刀具等的出现使得各行业的生产率得到了大大的提高, 欧美正是利用优良的技术开始一段蓬勃发展的工业进程的。

(3) 制造是一门科学。20 世纪 80 年代, 许多新的制造方法不断涌现, 要想在制造业中取胜, 仅仅靠优良的技术是远远不够的, 要与以准时生产 (JIT)、并行工程 (CE) 精益生产 (LP) 为代表的组织学科和以计算集成制造 (CIM) 为代表的工程学科等相结合。

(4) 制造是一门商务。制造业的蓬勃发展也使消费者的要求越来越苛刻, 他们不仅希望产品的质量、品种满足需求, 还要求交货期满足他们的期望, 他们可能会说“在 1 小时内完成, 否则把钱还给我”。20 世纪 90 年代中期, 基于 Internet 的制造成为以上潮流的自然扩展, 它强调通过 Internet 来分享设计与制造。

1.1.2 制造在国民经济中的作用

制造业在工业化过程中起着主导作用, 不能被其他任何产业所替代, 农业和国防现代化离不开制造业的发展, 科技现代化同样离不开制造业的发展。制造业不仅是经济和社会发展的物质基础, 也是创造人类精神文明的重要手段, 在国民经济中起着重要的作用, 主要体现在以下几方面。

1. 国民经济的支柱产业和主要组成部分

在工业国家中, 约有 1/4 的人口从事各种形式的制造活动, 2000 年我国制造业全部从业人员约占全国工业从业人员的 90.13%, 约占全国全部从业人员的 11.3%。制造业生产总值一般占一个国家国内生产总值的 20%~50%, 其中美国 60% 的财富来源于制造业, 日本的国内生产总值的 49% 由制造业创造, 中国制造业在国民生产总值中也超过 1/3。此外, 在一个国家的企业生产力构成中, 制造技术的作用一般占 60% 左右。因此, 制造业在一个国家的经济和政治中占有至关重要的地位和作用, 是国民经济和社会发展的物质基础, 是国民生产总值的主要组成部分。

2. 经济高速增长的发动机, 产业结构优化的推动力

历史经验表明, 在现代化过程中, 制造业是实现经济振兴的最佳切入点和突破口, 抓住制造业就抓住了发展的关键。发达国家都是制造业高度发达的国家, 而欠发达、发展缓慢的国家都是制造业不发达、结构升级困难的国家。

3. 国际竞争力的重要表现, 国际贸易的主力军

近年来, 国际贸易增长速度高于世界经济增长近两倍, 反映了经济全球化的发展趋势, 同时, 国际贸易结构和比价也在发生着深刻变化。初级产品由于技术含量低, 在世界市场上的销售价格不断走低, 竞争力越来越弱。正是由于这一原因, 各个国家都千方百计扩大

制成品的出口,以提高国际市场竞争力和附加价值。美、英、法、德、日等发达国家以及韩、新加坡等国家的制成品出口占全部出口比重的90%以上。

4. 实现技术创新的主要舞台,科学技术的基本载体

制造业是科技水平的集中体现。近10多年来,高技术的迅猛发展和高技术产业的兴起,是世界经济发展的重要特征。高技术和高附加值的产品和服务,都依赖于健康的、具有活力的制造业。产业结构的升级过程,就是当时高技术影响的结果,高技术形成了新的产业或改造了传统的产业,推动了产业结构升级。纵观工业化的历史,众多的科技成果都孕育在制造业的发展之中。同时,制造业也是科研手段的提供者,科学技术与制造业相伴成长。

5. 有助于塑造工业文明的道德基础和市场秩序

以大机器制造业为标志的工业化进程,在人类历史上使社会生产力空前飞跃的同时创造了工业文明,彻底改变了世界的精神面貌。大机器制造的发展,改变了农业社会自给自足的小生产方式,抛弃了传统的僵化保守、等级观念,而科学、理性、规范、守信、协作、创造性和个人成就感等工业文明理念成为人们的新的追求。大机器制造业的发展给农业人口转向城市带来了巨大的机会,创造了大量的就业岗位,为社会的稳定做出了巨大贡献。

1.1.3 我国制造业的现状

制造业不仅为人类提供衣食住行的基本条件,而且是我国国民经济、社会发展及国防建设的物质基础,是国民生产总值的主要组成部分,是国家综合实力的重要标志。随着世界经济全球化和我国加入WTO,我国的制造业取得了很大的发展,成为我国新阶段经济发展的主要增长点之一,在工业现代化中起到了主导作用,但也存在着很多的不足,主要表现在以下几方面。

1. 总体上传留在劳动密集型阶段,技术含量低,劳动生产率及工业增加值率低

我国制造业与美、日等工业发达国家存在很大的差距,如我国制造业的劳动生产率1999年为4258美元/人年,低于韩国1993年55720美元/人年和日本1993年104730美元/人年;工业增加值率1999年为26.32%,低于韩国1994年42.98%和美国1994年的49.31%。

低水平生产能力严重过剩,大量的生产能力放空,职工待岗,企业经济效益低,资产负债率高,甚至有些资不抵债;而高水平生产能力不足,高技术含量和高附加值的工业制品每年还在大量进口,有些已形成了依赖性进口。

2. 技术创新能力十分薄弱

由于缺乏技术创新的资金、优秀人才和环境,我国具有自主知识产权的原创性技术和

产品极少；产品技术及关键设备主要依赖国外进口，且引进与消化、吸收、创新的关系处理得不好，导致基本停留在仿制的低层阶段；缺乏有效的知识产权保护，赝品替代真品的现象屡见不鲜；企业不能成为创新的主体，且企业创新积极性因创新不能得到预期的回报而受挫。

3. 系统管理水平低

工业发达国家目前十分重视新生产模式、组织和管理的研究及应用工作。计算机技术也大量应用于企业管理，企业资源管理（ERP）、准时生产（JIT）、供应链管理（SCM）、客户关系管理（CRM）等先进管理理念和技术逐步推广，企业间的电子商务（B-B）带来效率的提高和巨大的经济效益。我国大部分企业管理基础薄弱，管理手段落后，如ERP在我国的上千家企业得到应用，但大部分都不成功，效果差。

4. 体制陈旧和机制僵化

我国现有的制造业重点企业主要是国有企业，体制改革滞后，政企不分、政资不分，形成了政府各部门多头管理企业，各种审批仍然牢牢卡住企业的脖子，与社会主义市场经济要求不相适应，已经成为制约制造业发展的主要瓶颈之一。

5. 条块分割以及地方、部门保护依然严重

历史上虽已经形成了一批跨地区的制造业集中地，如长江三角洲汽车和汽车零部件制造集中地，珠江三角洲通信设备和计算机制造集中地，东北重大成套装备制造集中地，但条块分割、地区封锁、行业垄断的市场格局，加上法制不健全，使得生产要素的合理流动和重新组合困难重重，造成资源配置不当、组织结构分散；又由于非正当的市场竞争，产业结构难以优化。

1.1.4 应对未来制造挑战的战略和关键技术

1. 应对未来制造挑战的制造战略

制造战略（Manufacturing Strategy）是指在一个企业/组织获取继续竞争优势（Competitive Advantage or Edge）的定位，它包括对所提供产品与服务的选择与决策。2002年，美国生产与控制学会（APICS）把它定义为：起表达和配置制造资源作用的决策模式和集合。制造战略所做出的选择将长期影响企业的业绩与市场竞争力。为了获取最多的效益，制造战略应该在支持总体商务决策与提升竞争优势方面发挥作用。成功的制造战略使得企业可以根据市场需求、市场环境与企业竞争优势提升的要求剪裁和重构企业的组织与管理，运作流程，产品，制造系统和商务活动以及顾客服务，以达到提升企业竞争优势的目标；所以，

可以把制造战略理解为解决企业全局、全过程与全寿命的重大和长远问题。企业的基本竞争战略有：低成本战略、差异战略和专业化战略3种。

中国制造企业的战略不仅要求学习和借鉴国内外的先进制造战略，而且还必须根据企业所处的市场环境与企业实际，自主、自立地确定企业的市场定位、制造战略、可获取资源的优化配置、企业文化的建设和对市场变化的应对措施等。

2. 应对未来制造挑战的十大关键制造技术

为了应对未来制造的挑战，美国国家研究委员会（NRC）在1998年公布了应对未来制造挑战的十个应该优先攻关的制造技术，值得研究和借鉴。

（1）可重构制造系统（RMS, Reconfigurable Manufacturing Systems）。长期的制造实践证明，现在与未来制造企业的3个核心要素是产品、制造系统和商务运作，而其中的制造系统经常成为新产品快速开发上市和满足顾客需求、快速响应市场的商务运作的瓶颈（约束）。可重构制造系统（RMS）要能快速实现产品的产出能力，实现制造过程与功能的可重构、可缩放与可重复利用，就必须创新现有制造系统的规划、设计，革新系统的组态（Configuration）方式，使系统组态的模块（组元、零部件或子系统）变成可变、可更新的可多次集成重构的。这一技术是对传统制造系统、产品或工程系统硬软件的规划、设计、建造与运行的重大革新，它已经开始并将深远地影响今天与明天的制造系统、产品、工程与科学实验装置或系统的发展。可重构制造系统技术的另一个重要特征是可自适应、可重构制造过程、可编程。

（2）无损耗的处理（Waste-free Processing）。未来的制造过程应该由各种没有或最小损耗的技术与过程的支持，使它们成为没有各种各样浪费的新一代处理过程。

（3）新的物料过程（New Material Process）。未来设计与制造用的是革新了的多种多样性能和性能价格比更加优秀的新材料和零部件、配套件。

（4）制造用的生物技术（Biotechnology for Manufacturing）。它主要是指利用生物学原理与方法实现自动化装配、加工和检测的新一代制造技术，不完全等同于生物制造技术。

（5）企业建模与仿真（Enterprise Modeling and Simulation）。企业的建模与仿真包括了企业各个层次级的建模与仿真。因此，制造系统的建模和仿真也是企业建模与仿真的重要方面。

（6）信息技术（Information Technology）。它是为了进行有效决策而挖掘、搜集全方位、全过程关键信息和快速将它们转换成知识或情报的一项关键技术。

（7）产品过程的设计方法（Product and Process Design Methods）。它是能适应顾客需求、可快速创新或改进产品与过程设计的新一代产品与过程的设计方法与工具。

（8）增强了的机器—人的接口（Enhanced Machine-Human Interfaces）。它是解决未来制造中人、装备和信息技术间的人与机器接口界面交互作用设计与控制的新一代人机工程技术，侧重解决物理接口界面和增强员工能力的学习问题。

(9) 教育与培训 (Workforce Education and Training)。它是适应未来制造快速响应和解决复杂性不断增加所必备的一项关键技术。这一技术要求研究开发不同语言间沟通交流的信息交换机器, 以实现不同文化背景与语言的员工之间直接合作与协同。

(10) 智能合作软件系统 (Software for Intelligent Collaboration Systems)。智能合作的目的就是把不同语言和文化背景的专业人员通过自动化过程与智能装置结合在一起。其研究目标包括: 成组通信协议的展开、制造专用网络协议、分布式企业过程控制方法与标准、共享企业和过程知识的方法。它要求把全部软件建立在与人交互的动力学模型接口基础上, 形成虚拟的合作空间。

1.2 制造系统

产品、制造系统和商务运作是运行制造企业的三大基本要素。在买方市场的条件下, 制造系统的传统规划、设计、建造、运行方法和实践已经落后于现代企业的要求与现实, 使制造系统经常成为制约企业新产品快速成功上市、按照客户订单进行产品交换生产和商务运作的瓶颈。同时, 因为制造系统要求投资额度大、建造和试运行时间周期长、可变性(柔性)低、使得它经常成为新产品与产品生产、商务活动、企业发展与业绩提升的约束。所以, 先进制造系统的规划、设计、建造和运行成为制造学科研究与开发的热点。

1.2.1 制造系统的含义

制造系统 (Manufacturing System) 最早出现于 1815 年, 其原意是“工厂系统”。关于制造系统至今还没有一个明确的、统一的定义。英国著名学者 Parnaby 于 1989 年提出: 制造系统是工艺、机器系统、人、组织结构、信息流、控制系统和计算机的集成组合, 其目的在于取得产品制造经济性和产品性能的国际竞争力。

美国麻省理工学院 (MIT) 教授 G. Chryssolouris 于 1992 年给出这样的定义: 制造系统是人、机器和装备以及物料流、信息流的一个组合体。

日本京都大学人见胜人教授于 1994 年这样定义制造系统: 制造系统可以从 3 个方面来定义:

(1) 从制造系统的结构方面定义, 制造系统是一个包括人员、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;

(2) 在制造系统的转变特性方面, 制造系统可以定义为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;

(3) 在制造系统的过程方面, 制造系统可以定义为生产的运行过程, 包括计划、实施和控制。

综上所述,可以认为,制造系统是制造过程及其涉及的硬件(包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置等)以及有关软件(包括制造理论、制造工艺和制造方法等)和制造信息组成的一个具有将制造资源(原材料、能源等)转变为产品或半成品特定功能的有机整体。

1.2.2 制造系统的概念模型

制造系统的发展主要由五大要素决定,即资源输入、资源输出、资源转换、机制和控制,如图 1-1 所示,其核心功能是资源的转换功能,为社会创造财富。

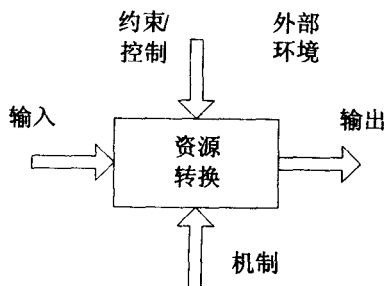


图 1-1 制造系统的基本模型

1. 输入

资源输入是实现转换功能的必备和前提条件。传统的输入资源主要是指物质和能量资源,也有信息资源和技术资源,但不占主导地位。今天,要树立新的资源观,即面对信息时代和知识经济,信息、技术、知识等无形资源将逐渐占主导地位,成为企业系统可持续发展的主要资源。有专家预测,基因资源也将成为新的战略资源。总的来说,资源输入有如下两大类。

(1) 有形资源。如土地、厂房、机器、设备、能源、动力、各种自然资源、人力资源等。

(2) 无形资源。主要有管理、市场、技术、信息、知识、智力资源以及企业形象、产品品牌、客户关系、公众认同等。

2. 输出

输出是企业系统的基本要素,也是企业系统存在的前提条件。现代企业系统对社会环境的输出至少应包含以下 4 种类型。

(1) 产品。包括硬件产品和软件产品,这是常规的认识;实际上,现代产品已经扩大到无形产品,如决策咨询、战略规划等。

(2) 服务。是指从一般的售前及售后服务到高级的技术输出、人员培训、咨询服务等。

(3) 创造客户。企业的生存在于是否拥有客户，如何留住老客户、创造新客户，是企业系统的一项基本任务，也是企业系统的重要业绩。

(4) 社会责任。企业系统的发展受所在社区环境的支撑，必须对社区和整个社会承担责任，如环境保护、公共建设、人文环境等。

3. 资源转换

资源转换是企业最本质的功能。目前，资源转换主要是依据物理的或化学的原理。有关专家指出，基于遗传工程的生物学原理将成为新的资源转换方法。衡量转换的优劣主要有五大指标，即最短的上市时间(T, Time to Market)、最好的质量(Q, Good Quality)、最低的成本(C, Low Cost)、最优的服务(S, High Service)、环境清洁(E, Clean Environment)。为了使得这5项指标达到最优，企业系统必须在管理体制、运行体制、产品结构、技术结构、组织结构等方面进行不断地革新和创造。

4. 机制

主要是支撑企业实现资源转换的各种平台，包括硬件平台、软件平台、战略平台、知识平台、文化平台等。

(1) 硬件平台。主要是指生产设施、设备和系统等，如生产线、设计系统、实验系统、信息网络等基础设施，它是企业系统最基本的物质平台。

(2) 软件平台。除了计算机软件外，还应包括管理思想、管理模式、管理规范、政策法规、规章制度等。

(3) 战略平台。指采用的竞争战略、制造战略，如敏捷竞争战略及其相应的敏捷制造模式。

(4) 知识平台。在知识经济时代，企业既要重视人的作用；又要重视知识的生产、分配和使用；更要建立一套全新的知识供应链和知识管理系统。

(5) 文化平台。知识时代，企业间的较量更多地表现为企业的整体科技素质和更深刻的文化内涵上，企业文化建设的重要作用越来越彰显出来。

5. 控制或约束

控制或约束主要是指企业系统的外部约束，如国家的方针政策、法律法规、规范标准以及其他的有关要求和约束，如环境保护、社区要求等。

实际的企业/制造系统因其功能、运作模式各不相同，有着不同的模型。图 1-2 所示为 ISO 制造系统通用行为模型。

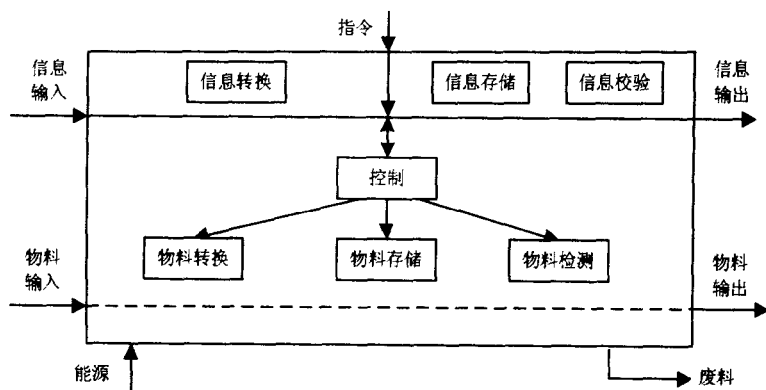


图 1-2 ISO 制造系统通用行为模型

1.2.3 制造系统的特征

制造系统的特征主要包括以下 5 个方面，即：转换特征、过程特征、系统特征、开放特征、进化特征。

1. 转换特性

转换特性是系统的最主要特性，是贯穿制造系统的一条主线。其主要任务是：科学、合理、高效、充分地开发和利用各种资源，高效、优质、低耗、清洁地进行资源转换即生产制造，提供客户需要的产品、服务等。

制造系统的转换特性的优劣与制造理念和模式、管理思想和水平、先进制造技术等综合因素有着密切的关系。为了提高和改进制造系统的转换特性，应该研究物理学、化学科学、社会科学、生命科学，创造新的制造模式和理念。

2. 过程特性

系统的资源转换本质上是一个过程，是一个面向客户需求、不断适应环境变化、不断改善和进化的动态过程，包括市场调研和分析、产品设计、工艺规划、制造实施、产品销售、售前售后服务、产品的回收处理和再利用等。

在系统的资源转换过程中主要有 4 种流在流动，极大地影响着系统的运行质量和发展活力，它们是：物质流、资金流、能量流、信息流。

(1) 物质流。制造系统就是根据市场的需求，开发产品，购进原料，加工成产品，销售给客户，售前售后服务，产品的回收处理及再利用，这些物料从供方开始，沿着各个环节向制造方、需求方的移动都是显而易见的物质流动。