

面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

先进制造系统

刘 飞 主 编
罗振璧 张晓冬 副主编



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE & TECHNOLOGY PRESS

TH12

L613



面向 21 世纪课程教材

先进制造系统

刘 飞 主编

罗振璧 张晓冬 副主编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

内容简介

《先进制造系统》从系统思维、学科综合和技术集成的角度,介绍了制造系统的基本概念、先进制造系统的系统构成和制造系统的分析、决策体系、规划和设计的基本知识、技术和方法。主要内容包括制造系统的基本概念、系统构成、制造工艺系统、制造装备系统、制造系统的设计以及典型先进制造系统等。

本书是工业工程专业本科的专业课教材,也可供机械工程、机电工程、管理工程等专业选用及工厂企业管理人员和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造系统 / 刘飞主编. —北京: 中国科学技术出版社, 2001.6
面向 21 世纪课程新教材
ISBN 7-5046-3081-0

I. 先… II. 刘… III. 机械制造—系统—高等学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 030350 号

书 名 先进制造系统
主 编 刘 飞
副主编 罗振璧 张晓冬

出 版	中国科学技术出版社	邮 编	100081
社 址	北京海淀区中关村南大街 16 号	印 数	1001—4000
印 刷	中国科学院印刷厂	版 次	2001 年 6 月第 1 版
开 本	787 毫米×960 毫米 1/16	印 次	2003 年 1 月第 2 次印刷
印 张	11.625	定 价	17.50 元
字 数	225 000		

联系电话: (010)62179148

前 言

制造业是创造社会财富的重要支柱产业，制造系统是实施制造的基本功能系统，因此，研究和学习制造系统的体系结构及有关技术显然十分必要。

随着科学技术日新月异的变化，尤其是信息技术的发展，传统的制造业及其制造系统正在发生深刻变化，有关制造系统的新概念、新技术和新方法不断涌现。本教材是从系统思维、学科综合和技术集成的角度，研究先进制造系统所涉及的新概念、新技术和新方法，其目的是使学生对先进制造系统及其主要的先进制造技术有一个系统和基本的了解，并掌握制造系统的构成、分析、决策、规划设计的基础知识和基本方法，从而适应现代工业工程人才培养的需要。

本书根据作者们在先进制造系统领域多年的研究成果并参考国际国内该学科的发展状况以及有关参考文献写成。本书从系统、整体的角度反映先进制造系统所涉及的基本概念、原理和技术方法，主要内容包括制造系统的基本概念、系统构成、制造工艺系统、制造装备系统、制造系统的设计，以及典型先进制造系统等。

本书由刘飞（重庆大学机械工程学院）、罗振璧（清华大学精密仪器系）、张晓冬（重庆大学机械工程学院）、朱焜秋（江苏理工大学电气信息学院）、奚立峰（上海交通大学机械工程学院）等5人编写。刘飞任主编，罗振璧和张晓冬任副主编。其中，第二章及第五章的三、四节由罗振璧编写，第三章由奚立峰编写，第四章由朱焜秋编写，其余章节由刘飞和张晓冬编写。本书由张思复教授（重庆大学机械工程学院）主审。本书的编写得到中国机械工程学会和机械工程师进修学院大力支持，在此表示衷心感谢！

本书涉及的有关研究工作，得到国家863项目资助和国家自然科学基金资助，在此一并表示衷心感谢！

本书是工业工程专业本科的专业课教材，也可供机械工程、机电工程、管理工程等专业选用及工厂企业管理人员和技术人员参考。

由于先进制造系统是一门正在迅速发展的综合性交叉学科，编写此书涉及面广，技术难度较大，加上作者水平的局限，不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2001年6月

高等院校工业工程专业教材编审委员会

主 任 汪应洛

副主任 齐二石 张思复 潘鑫瀚

委 员 （按姓氏笔画为序）

王 英 刘 飞 许庆瑞 孙林岩 李先正 李怀祖

张根保 罗 平

责任编辑 桂民荣

特邀编辑 刘秀兰

封面设计 王铁麟

责任校对 冯 静

目 录

前言	
第一章 制造系统概论	1
第一节 制造的概念与制造原理.....	1
第二节 制造系统的基本概念.....	2
第三节 制造系统的发展历程.....	4
第四节 制造系统理论体系框架.....	5
第五节 先进制造系统的概念和特点.....	10
第六节 先进制造系统的发展趋势.....	11
习题.....	14
第二章 先进制造系统的系统构成	15
第一节 先进制造系统的决策属性构成.....	15
第二节 先进制造系统的总体结构.....	30
第三节 先进制造系统的功能构成.....	34
习题.....	53
第三章 制造工艺系统	54
第一节 制造工艺的系统描述.....	54
第二节 典型先进制造工艺.....	63
第三节 制造过程工艺设计基础.....	68
习题.....	75
第四章 制造装备系统	76
第一节 制造装备的系统描述.....	76
第二节 机器人.....	80
第三节 数控机床和加工中心.....	88
第四节 DNC 系统.....	101
第五节 柔性制造系统(FMS).....	105
习题.....	112
第五章 制造系统的设计	114
第一节 概述.....	114
第二节 制造系统的产品设计方法.....	118
第三节 制造系统设计的主要过程.....	137
第四节 制造系统的重组设计.....	146
习题.....	152

第六章 典型先进制造系统	153
第一节 计算机集成制造系统.....	153
第二节 并行工程系统.....	157
第三节 精良生产系统.....	160
第四节 敏捷制造系统.....	162
第五节 CALS.....	165
第六节 虚拟制造系统.....	167
第七节 绿色制造系统.....	169
习题.....	173
英汉对照词组表	174
参考文献	178

第一章 制造系统概论

第一节 制造的概念与制造原理

制造业是创造社会财富的支柱产业。制造业的水平反映了一个国家或地区的经济实力、国防实力、科技水平和生活水准，制造业的先进与否是一个国家经济发展的重要标志。统计表明，制造业为工业化国家创造了 60%~80% 的社会财富，是国际贸易中主要交易物品的源泉。例如，从 1700~1990 年的 290 年中，制造货物占世界贸易总额的 75%，而农业与原材料产业只占 25%。各国实践证明，一个没有足够强大制造业的国家不可能是一个先进、富强的国家，先进的制造业是人民物质文化生活不断提高和综合国力与国防力量不断增强的保证。又如，在上述 290 年的统计中，机器装备占世界贸易总额的 35.7%，是国际贸易中第一大宗货物。所以，各大国一直把发展先进制造作为长期国策。例如，美国国家工程科学院在 1991 年将“制造”确定为美国国家经济增长和国家安全保证的三大必保主题之一，其他两个主题是“科学”与“技术”。

什么是制造？什么是制造业？到目前为止，还没有关于这两个概念的统一定义。狭义上，一般将“制造”理解为产品的机械工艺过程或机械加工过程。例如著名的 Longman 词典对“制造”（Manufacture）的解释为“通过机器进行（产品）制作或生产，特别是大批量生产（to make or produce by machinery, esp in large quantities）”。广义制造与狭义制造相比，“制造”的概念和内涵在“范围”和“过程”两个方面大大拓展。在范围方面，制造涉及的工业领域远非局限于机械制造，而是涉及机械、电子、化工、轻工、食品、军工等国民经济的大量行业。在过程方面，广义制造不仅指具体的工艺过程，而是包括市场分析、产品设计、生产工艺过程、装配检验、计划控制、销售服务和管理等产品整个生命周期的全过程。例如，国际生产工程学会 CIRP 在 1983 年给“制造”下的定义是：制造是制造企业中所涉及产品设计、物料选择、生产计划、生产、质量保证、经营管理、市场销售和服务等一系列相关活动和工作的总称。

综上所述，“制造”目前有两种理解：一是狭义制造概念，指产品的“制作过程”，可称作“小制造概念”，如机械加工过程；二是广义制造概念，指产品整个生命周期过程，又称为“大制造概念”。制造业从广义上理解，是将可用资源（包括能源）通过制造过程，转化为可供人们使用和利用的工业品或生活消费品的产业，它涉及到国民经济的大量行业，如机械、电子、化工、食品、军工等等。本教材所涉及的制造概念主要指“大制造概念”。

根据制造的概念，可以从以下三个方面理解制造的原理，即制造的功能可以从下

述三个方面加以实现。

(1)制造工艺过程。制造过程必须将原材料经过一系列转换使之成为产品，这些转换既包括原材料在物理性质上的变化，又包括原材料在化学性质上的变化。通常将上述转换称为制造工艺过程，如对原材料的切削加工是一个典型的制造工艺过程。

(2)物料流动过程。制造过程总是伴随着物料的流动过程，包括物料的采购、储存、生产、装配、运输、销售等一系列活动。

(3)信息流动过程。制造过程中，除了物料的流动，还始终伴随着信息的流动。从信息的角度，制造过程可以看成是一个信息的加工过程。一方面，制造企业捕获原始的市场信息和技术信息，通过产品设计、工艺设计、加工制造等一系列活动形成市场需要的产品，在整个制造过程中同时伴随着产品信息处理；另一方面，制造企业通过生产计划与控制手段管理整个生产过程，使制造过程能够顺利和协调地进行。因此，制造过程中还伴随着大量的管理和控制信息。

在上述三个方面中，工艺过程直接改变原材料的性质，物料流从“物”的方面完成制造的基本功能，信息流的畅通、有序的流动则保证生产出理想的产品以及生产的顺利进行。

第二节 制造系统的基本概念

由上述讨论可知，制造并不是简单的加工过程，而是一系列具有相互联系活动的集合，如何保证这些活动相互协调、整体最优，则必须从系统的角度研究制造。从系统的角度而言，制造的功能通过制造系统实现。

什么是制造系统？要明确制造系统的概念，首先要明确系统的概念。

系统工程的有关理论指出，“系统”是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体。系统由两个或两个以上的要素（组成部分）构成，这些要素可以是单一、不能再分的基本单元，也可以是能继续细分，由其他次一级要素构成的集合。构成系统的要素各自具有自身的特性和内在规律，但其彼此之间相互联系，相互影响，有机地结合在一起，由此形成不同于任一组成要素的整体，并体现出整体特性和整体功能。系统强调各组成要素的有机结合，对外呈现综合性的整体功能，而不是各要素功能的累加。系统的各要素组成一个整体，如果系统的整体性受到破坏，将不再成为系统。例如，计算机的各要素（CPU、存储器、显示器、键盘、鼠标、软件程序等）通过配置而彼此联系，构成协调运行的整体时，显示出计算机系统的整体功能。而将计算机拆卸成一个分散零件后，即丧失其整体功能，不再成为一个计算机系统。

根据上述“制造”、“系统”的定义和内涵，以下讨论制造系统的定义和内涵。

关于制造系统的定义，尚在发展和完善之中，至今还没有统一的定义。现列举国际上比较权威的几个定义作为参考。

英国著名学者帕纳比（Parnaby）1989年给出的定义为：“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的经济性和产品性能的国际竞争性”。

国际生产工程学会（CIRP）于1990年公布的制造系统的定义是：“制造系统是制造业中形成制造生产（简称生产）的有机整体。在机电工程产业中，制造系统具有设计、生产、发运和销售的一体化功能”^[1]。

美国麻省理工学院（MIT）教授 G. Chrystsolouris 于1992年将制造系统定义为：“制造系统是人、机器和装备以及物料流和信息流的一个组合体”^[2]。

国际著名制造系统工程专家、日本京都大学人见胜人教授于1994年指出：制造系统可从三个方面定义：①制造系统的结构方面：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制造系统的转变特性：制造系统可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成为产品；③制造系统的过程方面：制造系统可定义为生产的运行过程，包括计划、实施和控制^[3]。

综合上述几种定义，可将制造系统定义如下^[4]：制造过程及其所涉及的硬件，包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置，以及有关软件，包括制造理论、制造技术（制造工艺和制造方法等）和制造信息等组成了一个具有特定功能的有机整体，称之为制造系统。

以上定义可看成是制造系统的基本定义。根据所研究问题不同的侧重面，借鉴人见胜人教授的观点，制造系统还可能有以下三种特定的定义。

(1)制造系统的结构定义。制造系统是制造过程所涉及的硬件（包括人员、设备、物料流等）及其相关软件所组成的一个统一整体。

(2)制造系统的功能定义。制造系统是一个将制造资源（原材料、能源等）转变为产品或半成品的输入、输出系统。

(3)制造系统的过程定义。制造系统可看成是产品的生命周期全过程，包括市场分析、产品设计、工艺规划、制造实施、检验出厂、产品销售、回收处理等各个环节的制造全过程。

由上述制造系统的定义可知，机械加工系统可看成是一种制造系统，它由机床、夹具、刀具、被加工工件、操作人员、加工工艺等组成。机械加工系统输入的是制造资源（毛坯或半成品、能源和劳动力），经过机械加工过程制成产品或零件输出，该过程即是制造资源向产品（成品）或零件的转变过程。一个正在制造产品的生产线、车间乃至整个工厂可看作是不同的制造系统；柔性制造系统和计算机集成制造系统均是典型制造系统。一个新产品的开发，一个技术改造项目，一个与制造有关的工

工程项目、科研课题以及它们所涉及的硬件和软件，从某种角度说，也可以看成为不同层次的制造系统。

第三节 制造系统的发展历程

人类的制造活动最早追溯到新石器时代。在新石器时代，人们利用石器作为劳动工具，制造处于一种萌芽阶段。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，制造系统以手工作坊的形式出现，主要是利用人力进行纺织、冶炼、铸造各种农耕器具等原始制造活动。

18 世纪中叶，瓦特发明蒸气机后，制造业取得历史性进步。机械技术与蒸气动力技术相结合，出现了火车、轮船、由动力驱动的纺织机械和金属切削机床等，产生了第一次工业革命，近代工业化大生产开始出现。而后，直流发电机和三相异步电动机的发明，标志着电气化时代的开始，电作为新的动力源大大改变了机器结构和生产效率。这一阶段出现了以经验管理为主的原始机械工厂为代表的制造系统。但是在 19 世纪末以前，制造系统的总体水平仍然很低，体现在生产力水平低下，生产过程简单，分工不专业，生产规模小等方面。

19 世纪末 20 世纪初，内燃机的发明引发了制造业的又一次革命，制造业进入以汽车制造为代表的大批量生产时代，出现了流水生产线，分工日趋明确，工厂的管理也从经验为主的管理方式向以泰勒管理方法为代表的科学管理方式转变。为了降低成本，特别是降低劳动力成本从而获得高效益，制造业形成了“规模效益第一”的生产方式，这种大量生产方式一直持续到 20 世纪 60 年代。刚性大规模生产线即是这一阶段典型的制造系统模式。

20 世纪 70 年代，随着市场竞争的加剧，大规模生产方式开始逐步向多品种、中小批量生产方式转变。电子信息技术的发展，特别是大规模集成电路的出现，各种工艺技术及装备的进步以及自动化技术的发展，为多品种、中小批量的生产方式提供了技术支持和装备支持。

到 80 年代，随着世界经济和人们生活水平的提高，市场环境发生了巨大变化。一方面表现为消费者需求日趋主体化、个性化和多样化；另一方面则是市场竞争日趋全球化和激烈化。这一时期内，基于先进的计算机技术和自动化技术，发展各种先进的单元制造技术，从而优化制造系统的 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)，成为制造系统赢得竞争的主要手段。这些单元制造技术主要包括：CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计)、CAPP (Computer Aided Process Planning, 计算机辅助工艺规划)、CAM (Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造)、DNC (Directed Numerical Control, 直接数

字控制)、FMS (Flexible Manufacturing System, 柔性制造系统)、MRP (Manufacturing Resources Planning, 制造资源计划)、GT (Group Technology, 成组技术) 等。

90 年代是信息时代, 信息技术尤其是网络技术的发展给世界带来了巨大变化, 全球经济一体化进程打破了传统的地域经济发展模式, 市场变得更加广阔。在这种时代背景下, 快速响应、瞬息万变的市场需求成为制造系统赢得市场竞争的焦点。围绕这一目标, 产生了许多先进的制造系统模式, 如并行工程 (Concurrent Engineering, CE)、敏捷制造 (Agile Manufacturing, AM)、虚拟制造 (Virtual Manufacturing, VM) 等制造系统模式。

近年来, 随着全球环境的日益恶化, 制造业对于环境所产生的影响已不容忽视。如何使制造业尽可能少地产生环境污染是当前制造科学面临解决的重大问题。于是, 以绿色制造为代表的环保型制造系统受到广泛关注, 这类制造系统以如何最有效地利用资源和最低限度地产生废弃物为目标, 是面向 21 世纪的现代制造模式, 它的实施将带来 21 世纪制造业的一系列重要变革和创新。

通过制造系统的发展历程可以得到以下结论: 制造系统的发展总是与社会生产力水平的发展、先进制造技术的应用、市场需求的变化、社会需求的变化这四大因素紧密相关。

第四节 制造系统理论体系框架

制造系统理论体系是从系统科学的角度研究制造系统, 以解决制造过程中综合性技术、管理问题的基础理论, 以制造全过程或制造系统的整体优化为研究目标。制造系统理论体系框架通过对制造系统的理论体系进行深入、系统的研究总结提炼而成, 主要内容包括制造系统的基本特性和制造系统的“三流”结构论、信息制造观、人机集成论、集成决策观等。图 1-1 概括了制造系统理论体系框架的基本内容^[4]。

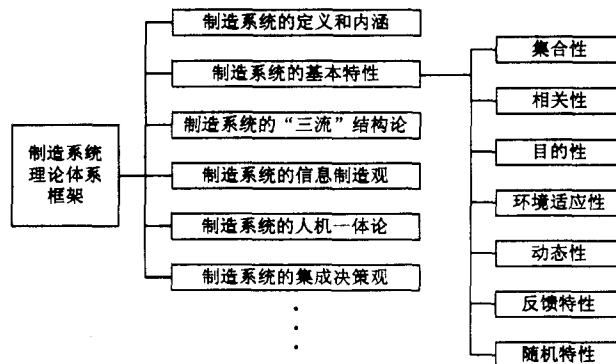


图 1-1 制造系统理论体系框架的基本内容

以下对组成理论体系框架的内容进行具体介绍。

一、制造系统的定义和内涵

制造系统的定义和内涵是制造系统理论体系框架的基本内容之一，具体内容参看第二节。

二、制造系统的基本特性

制造系统是一个有多个优化目标的复杂大系统。可以将制造系统看作一个以利润最高为优化目标的技术-经济系统；也可看作一个追求社会适应性最优的社会-技术系统；同时可看作一个追求自然适应性最优的自然-技术系统；还可看作一个人-机集成系统或一个制造信息处理系统。

如上所述，由于从不同观点看待制造系统，需要重点解决不同方面的问题，但各方面问题决非孤立。因此，必须用系统科学和系统工程的观点、方法研究描述制造系统的基本特性。概括之，制造系统的基本特性包括集合性、相关性、目的性、环境适应性、动态性、反馈特性和随机特性等。

(1)集合性。制造系统是由两个或两个以上可以相互区别的要素（或环节、子系统）所组成的集合体。

(2)相关性。制造系统内各要素相互联系，集合性确定了制造系统的组成要素，相关性说明这些组成要素之间的关系，其关系构成制造系统的结构，而结构又决定制造系统的性质。制造系统的基本结构体现在组织、技术和管理三方面。制造系统中任一要素与存在于该制造系统中的其他要素互相关联和互相制约，当某一要素发生变化时，其他相关联的要素也相应改变和调整，以保持系统的整体优化状态。

(3)目的性。一个实际的制造系统是一个整体，应完成一定的制造任务，或者达到一个或多个目标。制造系统的主要目标之一是把制造资源转变成财富或产品。

(4)环境适应性。一个具体的制造系统，必须具有对周围环境变化的适应性。外部环境与系统互相影响，两者之间必然要进行物质、能量或信息的交换。制造系统应是具有动态适应性的系统，表现为以最少的代价和时间延迟适应变化的环境，使系统接近理想状态。现代的自适应控制机床，即是典型的自适应性系统。

(5)动态性。制造系统的动态性主要表现在以下几个方面：①制造系统总是处于生产要素（原材料、能量、信息等）不断输入和有形财富（产品）不断输出的动态过程中；②制造系统内部的全部硬件和软件处于不断的、动态变化的发展之中；③制造系统为适应生存环境，特别是在激烈的市场竞争中总处于不断发展、不断更新、不断完善的运动中，极端情况是制造系统组织结构的突变或重组，使制造系统向更高的形式进化。

(6)反馈特性。制造系统在运行过程中，其输出状态如产品质量信息和制造资源利用状况总是不断反馈回制造过程的各个环节中，从而实现产品生命周期中的不断调节、改进和优化，图 1-2 是制造系统反馈特性示意图。

(7)随机特性。制造系统中有很多随机因素，从而使制造系统的某些性质具有随机特性。如制造系统关于产品的市场需求、产品制造装配的质量等均有随机性。制造系统的随机特性给解决制造系统控制等问题带来极大困难。

三、制造系统的三流结构论

制造系统在运行过程中，无时无刻不伴随着“三流”，即物料流、信息流和能量流的运动。下面以机械加工系统为例予以简要说明。

机械加工系统的“三流”运动可用图 1-3 表示。

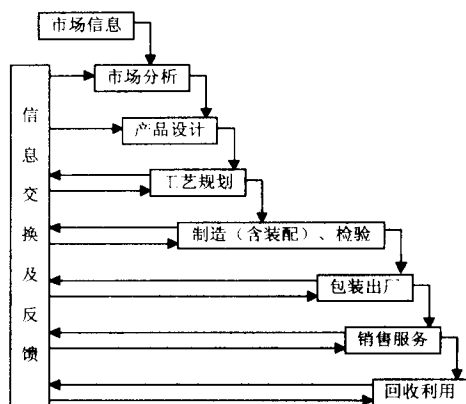


图 1-2 制造系统反馈特性的示意图

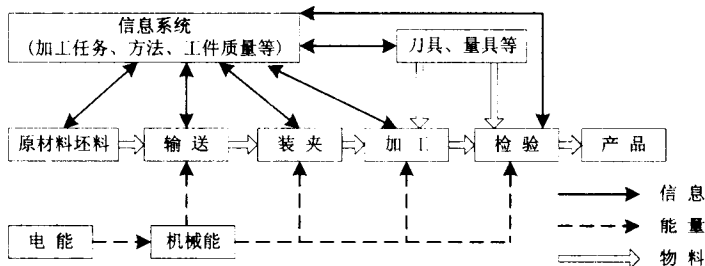


图 1-3 机械加工系统的“三流”运动

(1)物料流。机械加工系统输入原材料或坯料（有时也包括半成品）及相应的刀具、量具、夹具、润滑油、冷却液和其他辅助物料等，经过输送、装夹、加工和检验等过程，最后输出半成品或产品（一般还伴随着切屑的输出）。整个加工过程（包括加工准备阶段）是物料输入和输出的动态过程，这种物料在机械加工系统中的流动被称为物料流。

(2)信息流。为保证机械加工过程的正常进行，必须集成各方面信息，主要包括加工任务、加工工序、加工方法、刀具状态、工件要求、质量指标、切削参数等。上述信息又可分为静态信息（如工件尺寸要求、公差大小等）和动态信息（如刀具磨损程度、机床故障状态等）。所有信息及其交换和处理的过程构成机械加工过程的信息系统，该系统不断与机械加工过程的各种状态进行信息交换，从而有效控制机械加工过程，以保证机械加工的效率 and 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。

(3)能量流。能量是一切物质运动的基础。机械加工系统是一个动态系统。该动态过程是指机械加工过程中的各种运动过程，过程中的所有运动，特别是物料的运动，

均需要能量维持。来自机械加工系统外部的能量（一般是电能），多数转变为机械能。一部分机械能用以维持系统中的各种运动，另一部分通过传递、损耗而到达机械加工的切削区域，转变为分离金属的动能和势能。这种在机械加工过程中的能量运动称为能量流。

制造系统中的物流、信息流、能量流之间相互联系、相互影响，是一个不可分割的有机整体。

物流、信息流、能量流是任何层次的制造系统中均存在的基本三流，但是对于各种不同层次的制造系统或从不同的角度出发，还存在其他流动系统，如资金流、成本流、价值流、误差流等（详见第二章第三节）。

四、现代制造系统的信息制造观

传统制造观是指机械制造观，其本质在于认为制造过程是对原材料进行加工处理，使之成为具有一定用途的产品的过程，其中使用能源作为加工制造的驱动源。传统制造观注重用制造系统中的物流与能量流描述制造系统。

随着计算机、自动化及现代通信等高新技术在制造系统中的应用以及系统信息论的发展，一种新的制造观即信息制造观正在孕育和发展之中。信息在制造系统中起着越来越重要的作用。

第一，信息是联接各系统要素，从而形成一定生产组织结构的制造系统的纽带；第二，产品制造过程中的信息投入已逐步成为决定产品价值的主要因素；第三，现代制造系统（如计算机集成制造系统，Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS）研究的重点之一是如何提高制造系统的信息处理能力；第四，制造系统中的信息已成为制造系统中与设备同等重要的制造资源，如同能量是驱动制造系统运行的重要驱动源；第五，智能制造的概念从本质上看是指制造系统在信息处理的某些方面“具备”人的智能。因此，制造过程的实质是对制造过程中各种信息资源的采集、输入和加工处理的过程，最终形成的产品可看作信息的物质表现。从信息的角度看，制造过程实质上是一个使原材料的熵降低，使产品信息含量增高的过程。上述即为信息制造观的主要思想。

当前，研究制造信息的一个重要方面，是考虑如何有效建立起与制造系统功能相适应的制造信息系统，其中除涉及到信息系统的分析、设计与实现的硬、软件技术外，还应考虑制造信息的分类、描述与处理等问题。

五、制造系统的人机一体论

智能制造系统概念的提出，引起世界各国制造自动化领域研究者的重视，以致于使人们曾一度认为制造自动化的最终目标是形成完全“无人化的自动化工厂”。智能制造系统的基本理论建立在人工智能的理论与技术的基础上，用人工智能的方法求解制造系统在物料、信息及决策三方面的模型以达到对制造系统进行目标状态控制的目的。但是，基于人工智能的智能制造系统研究存在以下问题：

(1)由于目前对人类思维机理的探索尚有很大局限性，故模拟人类思维的人工智能技术也存在局限性。

(2)应用人工智能的思路解决制造系统的决策问题，存在当前计算机信息处理技术难以解决的信息组合爆炸问题。

(3)制造系统中存在大量非结构化、动态、随机的决策问题，对此难以解决。

(4)完全的无人化制造自动化并不适合中国国情。

(5)人的创造性行为和作用，机器永远无法取代。

通过对无人制造自动化的反思，学者们认为：在现代制造系统中，人的作用不但依然重要，而且在信息与知识的处理与生产方面变得更加关键，人的作用计算机难以代替。

目前，学术界对于人在制造自动化系统中有着机器不可替代的重要作用的观点已成为共识。有鉴于此，国内外学者对于如何将人与制造系统有机结合，在理论与技术上展开了积极探索。具有代表性的是“人机一体化制造系统”的新思想。人机一体化制造系统是发挥人的核心作用，采用人机一体的技术路线，将人作为系统结构中的有机组成部分，使人与机器处于优化合作的地位，实现制造系统中人与机器一体化的人机集成的决策机制，从而使人与机器协同工作，以取得制造系统的最佳效益。

人机一体化制造系统理论与建模技术的研究，将开辟一条智能制造系统研究的新途径。

六、制造系统的集成决策观

制造系统是复杂的大系统。制造过程中时刻面临着各种复杂的决策问题，只有对这些问题进行正确决策才能达到制造全过程的整体优化和提高制造企业综合效益的目的。由于制造系统的集成性与相关性，制造系统的决策优化必须通过集成途径解决。制造系统的集成决策观即是基于集成思想，通过各种集成技术解决制造系统的决策问题。制造系统集成决策观的思想主要体现在以下几方面：

(1)制造系统总体决策框架及分析方法。时间、成本、质量、柔性和环境性是制造系统的总体优化目标，进行制造系统决策时这些目标需要集成起来进行考虑。

(2)制造系统三大要素的集成。三大要素通常指人（或组织）、技术和经营管理，三者应相互协调，共同发挥在制造系统中的重要作用。

(3)通过信息集成提高制造系统的信息处理效率。

(4)通过功能集成消除制造系统各功能系统之间的间隙，使功能更加完善合理。

(5)通过过程集成优化制造系统运行，如对过程进行改进与重组。

(6)通过企业间集成实现企业间资源共享、优势互补，提高企业的市场竞争力。

在认识、分析和改造制造系统时，基于制造系统集成决策观的思想，有利于更深刻地理解制造系统，从而推进对制造系统的优化运行。

第五节 先进制造系统的概念和特点

通过上述讨论,对制造系统的概念和内涵以及制造系统的系统理论已有较为系统的理解。根据制造系统的理论,制造系统是一个由制造技术、制造资源、制造信息以及对资源、信息进行加工处理的过程所组成的相互联系的有机体。若使这一复杂系统协调运行,达到整体最优,需要建立优质高效的先进制造系统。我们认为,只要能够在时间 T (Time)、质量 Q (Quality)、成本 C (Cost)、服务 S (Service)、环境性 E (Environment) 等几方面很好地满足市场需求,获取系统投入的最大增值,同时具有良好社会效益的制造系统,均是先进的制造系统。图 1-4 为采用先进制造技术和管理技术,规划、运行和管理先进制造系统,构成本教材的主要内容。

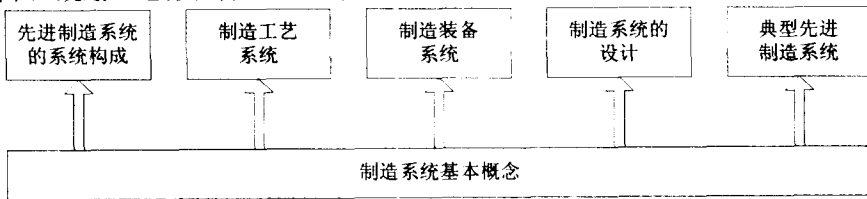


图 1-4 本教材的主要内容

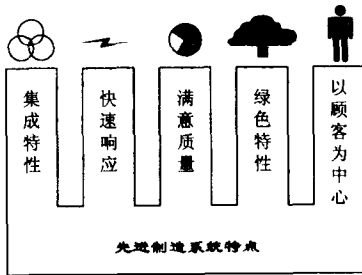


图 1-5 先进制造系统的特点

先进制造系统并没有一个固定模式,不同的社会生产力水平,不同的市场需求和社会需求,使得先进制造系统的目标与具体实现技术不尽相同,但各种先进制造系统也存在许多共同的特点(如图 1-5 所示)。

(1)集成特性 (Integration Feature)。集成特性是先进制造系统的主要特点。集成的实质是强调制造系统的相关特性,通过优化制造系统的内部联系提高系统的运行效率。制造系统模式的集

成特性是制造系统工程集成决策观理论的突出表现。不同的制造系统模式对集成的内容、层次、深度要求有一定差别,实施时有不同的条件要求和难度,所取得的效果也不相同,但其思想的本质均相同。因此,现代制造系统模式的集成特性是一种多方位的集成,每种集成方式和实施技术都在特定的驱动力下产生,应在制造系统集成决策观的指导下正确理解集成的实质。

(2)以顾客为中心 (Customer Oriented)。当今和未来都是强调个性化的时代。为了把握市场,赢得市场竞争,制造系统必须采取面向顾客的策略,即以顾客为中心组织生产。只有不断掌握顾客和市场当前及未来的需求,才能及时作出正确决策。先进的制造系统都采取相应策略千方百计满足顾客需求。例如,精良生产模式力求在整个