

清华大学机械工程及其自动化系列教材

现代制造系统

Modern Manufacturing System

周凯 刘成颖 编著
Zhou Kai Liu Chengying

清华大学出版社

清华大学机械工程及其自动化系列教材

现代制造系统

周 凯 刘成颖 编著
Zhou Kai Liu Chengying

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从系统科学与工程的角度阐述现代制造系统的有关理论和方法,内容分5个部分:第1部分介绍现代制造系统的基本概念、理论基础、体系结构和数学模型;第2部分介绍现代制造系统分析与综合的主要方法和利用计算机对现代制造系统进行分析与设计的新技术;第3部分介绍现代制造系统计算机管理与控制的核心技术——计划控制、调度控制和过程控制;第4部分从信息与制造相融合的角度,阐述制造系统的信息集成问题,介绍制造网络系统和制造数据库系统等支持现代制造系统优化运行的信息环境,并讨论制造系统运行信息的获取问题,核心内容是随机市场环境下的制造信息预测技术;第5部分是现代制造系统实例分析。

本书可作为高等院校机电、自动化、工业工程、企业管理等专业的教材,也可供机电一体化、先进制造技术、现代制造系统等领域的研究人员和专业技术人员参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

现代制造系统/周凯,刘成颖编著. —北京:清华大学出版社,2005.8

(清华大学机械工程及其自动化系列教材)

ISBN 7-302-11238-X

I. 现… II. ①周… ②刘… III. 机械制造—高等学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第065379号

出版者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

责任编辑:张秋玲

印装者:清华大学印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:20.25 字数:428千字

版 次:2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-11238-X/TH·166

印 数:1~3000

定 价:29.80元

序言



随着科学技术的发展和经济全球化,当今人类已进入知识经济社会和信息社会。我国经济体制将进一步由计划经济向社会主义市场经济转轨,经济的竞争性、变动性大大加强。过去在计划经济下形成的对口专业教育的观念,需要转向适应不断变化的社会需求,也就是说由对口性转向适应性。由于技术进步迅速发展,知识更新的周期缩短,现代教育观念将转变为终身教育。

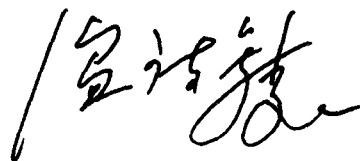
认清当前教育改革的发展趋势,进一步转变教育思想和教育观念。需要培养“高层次、高素质、多样化、创新型”人才。高层次人才要具有良好的素质,包括政治思想素质、业务素质和文化素质。通识教育给学生以宽广的知识面,为进一步深造和就业打下坚实的基础。

通识教育是当代学科发展趋势的需要,通过多学科的交叉和本硕统筹教育模式,把通与专结合起来。使学生既具有本学科的坚实基础,又通晓相关学科的发展趋势和知识。在综合学科的基础上,培养出多样化创新型的人才。我国当前国情与发达国家不尽相同,我国现状是工业化与知识化并存,所以不能照搬国外的培养模式。大学教育应成为提供高素质人才的基础,为我国的经济做出贡献。所以通过课程结构调整、教学内容更新和教学方法改革,改善人才的知识结构才能创出具有特色的一流人才培养模式。

教材在培养人才中起着举足轻重的作用,是深化课程体系和教学内容的改革和教

学方式改革成果的总结。我系组织编写一套系列教材,它主要涉及机械工程学科本科生和研究生课程中的基础课、专业课和实践课。本着“先进性,创新性,实用性”的宗旨,力争反映当代机械科学技术的基本内容和发展趋势,尽可能地将最新的生产 and 科研成果纳入到教材中。在编写中力图符合教学特点和学生的认识规律,全面提升教材质量,创出新的教学体系。

中国科学院院士



2003年2月24日

《清华大学机械工程及其自动化》 系列教材编委会

顾 问 (按姓氏笔画排序)

金国藩(中国工程院院士)

温诗铸(中国科学院院士)

主 任 李庆祥

副主任 丁天怀 贾惠波 申永胜

委 员 刘朝儒 陈 恩 王东生 王伯雄

毛文炜 郁鼎文 郝智秀 季林红

秘 书 冯 涓 陆体军

前言

随着科学技术的进步和社会经济的发展,“制造”已由个人行为 and 孤立机器完成的简单过程演变到必须由众多制造要素组成的制造系统来完成的复杂工程。从系统科学与工程的角度看,完成现代制造任务的制造系统亦正在从简单系统发展为复杂大系统。

面对上述现实,工程界和教育界都越来越清楚地认识到,如果仅从孤立的制造方法、制造技术、制造工具和制造设备等方面去孤立地研究制造过程,将无法从全局上使“制造”这样一个复杂大系统运行于最优状态,发挥出最佳效益。因此作为制造领域的高级专门人才——制造专业的研究生必须从系统科学与工程的高度对制造过程有深刻的理解与把握,才能在今后的研究工作、技术工作和管理工作中更好地驾驭全局,为制造工业和国民经济的发展做出更大的贡献。为此,清华大学于1989年开始为机械工程及自动化专业研究生开设专业课“现代制造系统”。

本书作为该课程的教材,从系统科学与工程的角度对现代制造过程进行研究,通过信息、控制与制造相融合的方法对制造系统的内在规律进行分析,以近十年来国际上制造系统领域的最新发展和我国在该领域的研究、开发和应用成果为案例,按照工程学科教学的客观规律和现代人才培养的要求组织教材内容,指导教学过程的实施,力图使学生学会从系统的角度去看待制造、研究制造、把握制造、发展制造。

本教材内容分5个部分。(1)基础理论与总体结构(由第1,2,3,4章组成):介绍现代制造系统的基本概念、理论基础、体系结构和数学模型。(2)制造系统的分析与综合(包括第5,6两章):介绍现代制造系统分析与综合的主要方法和利用计算机对现代制造系统进行分析与设计的高新技术。(3)制造系统的计算机管理与控制(由第7章至第9章组成):介绍现代制造系统管理与控制的核心技术——计划控制、调度控制和过程控制。(4)制造系统运行的信息环境(第10章和第11章):从信息与制造相融合的角度,讨论制造系统的信息集成问题,介绍制造网络系统和制造数据库系统等支持现代制造系统优化运行的信息环境。在此基础上,进一步讨论制造系统运行信息的获取问题,核心内容是随机市场环境

下的制造信息预测技术。(5)现代制造系统实例(第12章):介绍现代制造系统的典型案例,阐述现代制造系统研究、开发和应用中一些实际问题的解决方法与过程。

本书的编写和出版得到清华大学研究生精品课程建设项目和清华大学出版社的支持,同时得到张伯鹏教授、李庆祥教授、张秋玲副教授等同志的帮助,在此一并表示感谢!

虽然本书的编写是在多年教学和科研实践基础上进行的,并汲取了多轮讲义的精髓,但由于作者的水平和能力有限,书中错误和不妥之处在所难免,因此恳请读者批评指正。

作 者

2005年元旦 于清华园

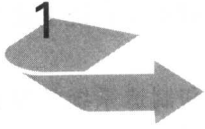
目录



1 绪论	1
1.1 研究和发展制造系统技术的意义	1
1.2 发展现代制造系统技术的基础	3
1.3 制造系统的发展历史与现状	4
1.4 制造系统研究和应用领域的发展趋势	6
1.5 本书的主要内容	9
2 制造系统的基本概念	12
2.1 概述	12
2.2 制造过程	13
2.3 制造模式	14
2.4 制造系统	22
2.5 现代制造系统研究、开发和应用中的重要课题	24
3 制造系统的体系结构与运行原理	27
3.1 概述	27
3.2 现代制造系统的总体结构	28
3.3 单元级制造系统的结构与运行原理	37
3.4 车间级制造系统的结构与运行原理	40
3.5 工厂级制造系统的结构与运行原理	42
3.6 跨企业与全球制造系统的结构与运行原理	44
4 制造系统的数学模型	46
4.1 概述	46

4.2	制造系统的投入产出模型	47
4.3	制造系统的排队网络模型	51
4.4	制造系统的活动循环图模型	57
4.5	制造系统的 Petri 网模型	61
4.6	制造系统建模中应注意的问题	64
5	制造系统性能分析	66
5.1	概述	66
5.2	基于排队理论的分析方法	67
5.3	计算机仿真分析方法	74
5.4	Petri 网分析方法	82
5.5	基于随机过程理论的分析方法	87
6	制造系统的综合与设计	93
6.1	概述	93
6.2	制造系统设计的主要过程	94
6.3	制造系统设计的基本方法	98
6.4	解决设计决策问题的有效方法——层次分析法	105
7	制造系统的运行管理	113
7.1	概述	113
7.2	制造系统运行管理系统的总体结构	114
7.3	产品制造的主生产计划	116
7.4	物料需求计划	130
7.5	制造资源计划	139
7.6	企业资源计划	142
8	制造系统的调度控制	145
8.1	概述	145
8.2	流水排序调度方法	147
8.3	非流水排序调度方法	160
8.4	基于规则的调度方法	164
8.5	基于仿真的调度方法	167
8.6	智能调度方法	169
9	制造系统的过程控制	178
9.1	概述	178

9.2	过程控制系统的组成	178
9.3	集成化设备控制系统	180
9.4	制造过程的动态工艺控制	182
9.5	刀具系统的管理与控制	192
9.6	制造过程的物流控制	193
9.7	制造过程的质量控制	200
9.8	制造过程的状态检测与监控	205
10	制造系统运行的信息环境	208
10.1	概述	208
10.2	制造信息与信息流系统	209
10.3	制造系统的信息集成	210
10.4	制造系统的网络环境	212
10.5	制造数据库系统	228
11	制造系统运行的信息获取	235
11.1	概述	235
11.2	制造系统运行信息获取的重要手段——需求预测	236
11.3	需求预测方法	240
11.4	预测误差分析与预测监控	256
11.5	市场预测的案例	260
12	现代制造系统实例	263
12.1	国家 CIMS-ERC 的计算机集成制造系统	263
12.2	空调器制造的 CIMS 系统	272
12.3	基于并行工程的复杂产品制造系统	284
12.4	新型基层敏捷制造系统	290
12.5	智能网络化机床制造系统	300
	参考文献	309



绪 论

1.1 研究和发展制造系统技术的意义

随着科学技术的进步和社会经济的发展，“制造”已由个人行为 and 孤立机器完成的简单过程演变到必须由众多制造要素组成的制造系统来完成的复杂工程。从系统科学与工程的角度看，完成现代制造任务的制造系统正在从简单系统发展为复杂大系统，具体体现在以下 3 个方面。

1. 结构复杂性

从制造领域自身的发展看，制造主体(如制造工厂等)作为一个系统不但规模不断扩大，而且结构日趋复杂。

在手工业生产时代，产品的设计、加工、装配和检验基本上都由个人完成，如果讲系统，这时的制造系统规模小、结构简单、易于驾驭。18 世纪的西方工业革命，虽然有力地促进了制造技术和制造装备的发展，但制造作为系统仍很简单。到了 19 世纪中叶后的大批量生产时代，通过劳动分工实现作业专业化，在机械化和电气化技术支撑下，进行流水线方式生产，形成了较大规模的制造系统，但此时制造系统的结构却并不复杂，其分析设计、信息处理、管理控制等问题也相对易于处理。但到了 20 世纪后半叶，特别是近 30 年来，市场需求朝多样化方向发展且竞争加剧，迫使产品生产朝多品种、变批量、短生产周期方向演进，由此形成柔性制造、计算机集成制造、敏捷制造等先进制造模式，按此构成的现代制造系统不但规模庞大，而且系统结构、物料流、信息流等十分复杂，系统的分析与综合已具有相当的难度，系统的优化管理控制问题更是难以解决，已成为全球范围内具有挑战性的课题。

2. 关联复杂性

从相关领域的技术进步和众多学科对制造学科渗透的影响看，制造学科的综合性和明显加强，制造过程的系统性正日益突出。

近 30 年来，随着计算机技术和信息技术的发展，制造系统内部各组成环节间的信息

联系以及制造系统与外部环境的信息联系,在广泛性和复杂性方面均在不断加强,系统中信息交换、信息处理的速度亦在迅速提高,从而使制造系统中各组成环节间的相互作用、相互依赖以及环境对制造系统的影响日益加强,“牵一发而动全身”的效应日益凸显。因此,注重关联,把握全局在制造过程中将变得越来越重要。这些结果使得制造活动和制造过程呈现出越来越强的系统科学性,即现代制造越来越需要运用系统理论与系统工程的方法来认识、来驾驭。

同时,相关学科的理论与方法日益向制造学科渗透,对制造学科和制造系统的发展产生了深刻的影响。例如,在制造系统的底层,微电子技术的应用以及电力电子技术的融合,形成了新一代机电一体化的制造装备和加工系统,大幅度提高了制造过程的灵活性和效益;又如,在制造系统的管理控制层,随着计算机技术、现代管理理论和控制方法的应用,使制造系统的管理与控制不断发展、不断创新,走出了从 MRP,MRP II 到 ERP 的发展历程。在全局上,系统科学与工程的理论与方法日益向制造学科渗透,使制造领域广大人员的思维模式、分析问题和解决问题的方法等都正在发生深刻的变化。上述情况表明,现代制造的学科综合性正在日益增强。

显然,在制造日益走向综合性和系统性的环境下,如果不去从全局和相互关联的角度来处理制造问题,则难以发挥学科综合和交叉带来的效益,也将难以把握高速信息环境对制造系统产生的综合影响。

3. 环境复杂性

从国家经济体制改革和全球经济与国际市场的发展看,现代制造系统输入信息和运行环境的随机性显著增加,对系统的动态性能要求明显提高。

我国的经济体制正在从计划经济向社会主义市场经济转轨,众多制造企业失去了计划经济时代政府主管部门下达的计划指令,即从系统与控制的角度看,制造系统没有了确定的输入信息。同时,制造企业的产品(制造系统的输出)也没有了预定的去处。在这种环境下,企业要生存、要发展,就得自己去开拓市场。然而,随着全球经济一体化进程的加快,现在的国际市场已同 30 年前的情况有了很大的改变,主要体现在用户对产品的需求日趋个性化,不仅变化极快,而且还难以预测。这些不仅造成制造系统输入信息和运行环境的随机性越来越大,而且还要求制造系统的响应速度不断提高。显然,无论从控制论还是从系统科学与工程的角度看,现代制造系统所面临的运行环境复杂性的大幅度提高,都必将造成其研究、开发和运行管理控制的难度急剧增大。

综上所述,由于制造领域自身的不断发展,使制造系统的结构复杂性不断提高,随着信息技术的迅速崛起、相关学科的深入渗透,使得制造系统内外关联的复杂性日益加强,以及由于国际、国内经济体制与格局变化对制造系统运行环境所造成的剧烈影响,“制造”正在由输入确定、过程和环境稳定、输出少变的简单系统演变为输入随机、过程和环境动态变化、输出和状态多变的复杂大系统。工程界和教育界都越来越清楚地认识到,现代制

造已成为一个复杂的系统工程,如果仅从孤立的制造方法、制造技术、制造工具和制造设备等方面去孤立地研究制造过程,将无法从全局上使“制造”这样一个复杂大系统运行于最优状态,发挥出最佳效益。

因此,面对上述现实,必须将“现代制造”作为复杂大系统来对待,从系统科学、信息技术与制造工程相结合的角度对现代制造过程进行研究,通过信息、控制与制造相融合的方法对制造系统的内在规律进行分析,努力探索先进的制造系统模式、体系结构和优化运行技术,从而从全局的角度促进制造科学、制造系统和制造工业的发展。

同时,从教育的角度看,作为制造领域的高级专门人才——制造专业的本科生和研究生,只有从系统科学与工程的高度对现代制造过程有深刻的理解与把握,才能在今后的研究工作、技术工作和管理工作中更好地驾驭全局,为制造工业和国民经济的发展做出更大的贡献。因此,注重制造系统学科与工程领域的教育,加强制造系统理论、技术与应用方面的人才培养,更是具有深远战略意义的重要任务。

1.2 发展现代制造系统技术的基础

现代制造系统技术是一门跨学科的综合技术,要使其研究、开发和应用向纵深发展,将涉及众多学科和技术领域,下面是其主要方面。

1. 先进制造模式和相关理论

制造模式决定了制造系统的体系结构、运行原理以及管理和控制方法,因此,要对现代制造系统进行深入研究,要使现代制造系统技术的发展保持正确的方向,就必须以先进制造模式为基础,以正确、先进的理论为指导。

2. 先进制造技术与装备

制造技术与制造装备是构成制造系统的重要元素,要使制造系统发挥出高效益,要开发性能更优良的新型制造系统,必须有先进制造技术和先进制造装备作为保障。

例如,柔性制造系统和计算机集成制造系统等先进制造系统的发展,就必须以数控加工技术和先进数控机床为基础。

3. 系统科学理论与系统工程技术

制造系统属于复杂大系统,并且为典型的离散事件动态系统(discrete event dynamic system, DEDES),其状态变量数目巨大,不确定性因素和随机性影响突出,非线性和混沌(chaos)现象严重。因此,制造系统研究、开发和应用中所涉及的许多问题,都必须从系统科学与工程的高度去分析和解决。

4. 现代管理控制理论与技术

管理与控制是制造系统研究、开发和应用中的核心问题之一。一方面,要使已有的制造系统运行于最佳状态,发挥出最佳效益,必须在已有的管理控制系统的硬件基础上,通

过采用新的管理控制理论、模式和方法,研究新的管理控制算法,开发新的管理控制软件,最大限度地提高管理控制系统的综合性能;另一方面,要研究、开发性能优良的新型制造系统,也必须十分重视其管理控制子系统的研究开发。其中,最重要的就是要研究适合先进制造系统的新的管理控制理论与技术。以上两方面都表明,现代管理控制理论与技术对发展现代制造系统技术具有十分重要的地位。

5. 计算机与信息技术

现代制造系统的研究、开发和运行已越来越多地与计算机和信息技术相融合。例如,制造系统研究中建立的复杂数学模型必须借助于计算机进行分析和求解;制造系统的开发过程通常都要使用计算机进行仿真分析;制造系统的运行则更是需要通过先进的计算机系统 and 网络通信系统进行信息化管理和数字化控制。因此可以说,现代制造企业离开计算机和信息技术已无法运行。因此,现代制造系统的研究、开发和应用人员必须十分重视计算机和信息技术的发展,并时刻注意使制造系统技术与计算机和信息技术更紧密的结合。

1.3 制造系统的发展历史与现状

为了更好地研究和发发展现代制造系统技术,有必要对制造系统的发展历史和现状作必要研究。下面从技术层面和学科发展两方面进行讨论。

从技术层面看,制造系统的发展经历了以下几个阶段。

1. 刚性制造系统

本阶段在 20 世纪 50 年代前已基本形成。当时为适应大批量生产的需要,采用专用机床和自动单机等组成流水生产线和自动生产线,形成了很有特色的一类典型制造系统。这类系统的最大特点是可实现固定产品的高生产率生产,但很难实现产品生产的改变,因此一般将其称为刚性制造系统。这类刚性制造系统的管理与控制比较简单,其底层控制主要靠继电器等组成的逻辑顺序控制电路来完成,其上层管理主要由系统的管理人员完成。

2. 单机柔性加工系统

单机柔性加工系统是指以单台数控(numerical control, NC)加工设备为核心构成的小型自动化或半自动化加工系统。本阶段开始于 20 世纪 50 年代初,到 70 年代已基本成熟。到了 70—80 年代,由于计算机技术的迅速发展,传统 NC 迅速被计算机数控(computer numerical control, CNC)取代,出现 CNC 控制的单机柔性加工系统。

单机柔性加工系统中的数控加工设备通常包括数控车床、数控铣床、加工中心等,辅助设备包括自动上下料装置、机械手等,引入的新技术包括数控技术、计算机辅助编程技术等。由于数控加工的特点是柔性好、加工质量高,适于多品种、中小批量(包括单件产

品)生产,因此单机柔性加工系统发展迅速、应用广泛,并成为后来发展 FMC, FMS 等更高级别制造系统的基础。

3. 多机柔性加工系统

多机柔性加工系统包括计算机直接数控(direct numerical control, DNC)加工系统、柔性制造单元(flexible manufacturing cell, FMC)、柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)、柔性制造生产线(flexible manufacturing line, FML)等。这类系统出现于 20 世纪 60 年代末,70 年代以后得到快速发展。

本阶段的特征是强调制造过程的柔性和高效率,适应于多品种、中小批量产品的生产。涉及的主要技术包括:成组技术(group technology, GT)、DNC、FMC、FMS、FML、离散系统理论与方法、计算机仿真技术、车间计划与调度、制造过程监控、计算机控制与通信网络等。

4. 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system, CIMS)是 20 世纪 80 年代出现的一种新型制造系统,近 20 年来得到迅速发展,而今正方兴未艾。CIMS 的特征是制造全过程的系统性和集成性,以解决现代企业生存与竞争的 TQCS 问题,即产品上市快(time)、质量好(quality)、成本低(cost)和服务好(service)等方面的问题。CIMS 既可看作是制造自动化发展的一个新阶段,又可看作是包含自动化加工系统(如 FMS)的一个更高层次的制造系统。CIMS 涉及的学科和技术非常广泛,主要包括现代制造技术、管理技术、计算机技术、信息技术、自动化技术和系统工程技术等。

5. 跨企业制造系统和全球制造系统

跨企业制造系统和全球制造系统于 20 世纪末提出,正在成为 21 世纪的发展方向。近 20 年来,随着市场的国际化和世界贸易的急剧发展,各种跨国公司不断涌现,大幅度推进了制造全球化的进程。全球制造概念和全球制造系统就是为适应这种形势发展的需要而提出和产生的。

全球制造的基本概念是,根据全球化的产品需求,通过网络协调和运作,把分布在世界各地的制造工厂、供应商和销售点连接成一个整体,从而能够在任何时候与世界任何一个角落的用户或供应商打交道,由此构成具有统一目标的在逻辑上为一整体而物理上分布于全世界的跨企业和跨国制造系统,即全球制造系统,从而完成具有竞争优势的产品制造和销售。它的目标之一是,与合作伙伴甚至竞争对手建立全球范围的设计、生产和经营的联盟网络,以加速产品开发和生产过程,提高产品的质量和市场响应速度,并向用户提供最优的服务,从而确保竞争优势,共同取得繁荣发展。网络技术是全球制造系统的最重要的技术基础。

由上可见,经过数十年的发展,制造系统技术在总体上已形成基本的体系,并在实际应用中发挥着越来越重要的作用。

从学科发展上看,国际上制造系统作为一门学科出现于 20 世纪 70 年代后期的日本。京都大学人见胜人(Hitomi K.)教授在其著作 *Manufacturing System Engineering*^[1] 中,对制造系统和制造系统工程进行了系统阐述,为该学科的发展奠定了基础。在美国,麻省理工学院 90 年代初即开设有制造系统方面的课程,并出版了专著(Chryssolouris G. *Manufacturing System: Theory and Practice*. New York: Springer-Verlag, 1992, 以及 Geshwin, *Manufacturing System* 等)。此外,美国一些州立大学都先后开设了同类课程,并出版了专著(如 Kusiak A. *Intelligent Manufacturing System*. New York: Prentice-Hall Inc., 1990)。在西欧,一些一流大学亦开设了制造系统课程并出版了教材和专著,如英国 CIT 90 年代初就出版有专著 *Manufacturing System Design and Analysis*(作者 Wu B.)。总之,现代制造系统已成为国外一流大学相关专业和学科的科研与教学工作的重要组成部分。

在我国,制造系统的研究和应用起步也较早,20 世纪 80 年代中就已有柔性制造系统(FMS)在生产实际中应用。但制造系统作为一个学科和技术领域,在国家支持下开展有组织的深入系统研究和应用,则开始于国家的“863”计划。从 20 世纪 80 年代后期到本世纪初,在“863”计划支持下,我国在以计算机集成制造系统(CIMS)为代表的制造系统的研究、开发和应用方面不断取得重要进展,取得了一大批理论和应用研究成果,并在许多类型的企业中得到广泛应用,有力推进了我国制造系统技术的发展。

清华大学制造工程研究所(原机械制造及自动化教研组)在多年制造系统研究和应用实践积累的基础上于 1989 年为研究生开出“现代制造系统”课程。当时正值我国国企改革启动阶段,制造企业面临巨大的市场压力,迫切需要利用制造系统知识解决企业面临的生产经营与管理问题。课程开设后受到企业和学生的欢迎。

1.4 制造系统研究和应用领域的发展趋势

制造系统的研究和应用发展迅速。特别是最近十几年来随着 CIMS 等先进制造系统的研究和应用的需要,进一步推动了制造系统技术的发展。近年来,国内外在制造系统研究和应用方面有几个趋势值得注意。

1. 对无人制造自动化进行了反思,提出了“人机一体化制造系统”的新思想

在 CIMS 研究的初期,人们曾认为全盘自动化和无人化工厂或车间是其主要特征。随着 CIMS 实践的深入和一些无人化工厂实施的失败,人们对无人制造自动化问题进行了反思,并对于人在制造系统中有着机器不可替代的重要作用进行了重新认识。

有鉴于此,国内外对于如何将人与制造系统有机结合等问题在理论与技术上展开了积极探索。具有代表性的是路甬祥院士提出的“人机一体化制造系统”的新思想。目前,围绕人机集成问题国内外正在进行大量研究。