

张世琪 孙 宇 等编著

现代制造导论

理念 模式 技术 应用



兵器工业出版社

现代制造导论

理念 模式 技术 应用

张世琪 孙 宇等 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书是一本介绍现代制造科学与技术的概论型教材,可使相关专业学生或工程技术人员建立较为全面、完整的专业概念,适应现代社会、经济、科技发展的大环境、大背景的要求。

本书以现代制造科学理论为基础,以制造系统为载体,以社会、经济、科技发展为背景,以现代制造系统和技术的体系结构为总框架,围绕制造系统的基本特性,从战略层、技术层和基础层三个层次,对制造理念和模式、制造技术群和制造技术应用以及制造科学与技术未来的发展进行了大量先进实用的单元技术和系统技术实例,使读者能对现代制造有一个全新的认识和基础层次上而且还要从战略和理念层次上,全面地、系统地、集成地认识现代制造系统用信息化、知识化和全球化的要求,重新审视和定位制造系统和技术,从而建立一个与新经济时代相适应的、新的现代制造知识体系。

本书可供机械工程学科各专业大学生专业总论教学用书,亦可作为研究生教学参考书,还特别适合作为实施或将要实施 CIMS 工程/信息化工程的制造企业决策层和管理层人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

现代制造导论/张世琪,孙宇编著. —北京:兵器工业出版社,2000.12

ISBN 7-80132-878-7

I. 现… II. ①张…②孙… III. ①制造业—概况—世界②制造业—工业技术—研究 IV. T

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 79220 号

出版发行:兵器工业出版社

责任编辑:周宜今

责任技编:刘 敏

社 址:100089 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销:各地新华书店

印 刷:航天三院印刷厂

版 次:2000 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

封面设计:底晓娟

责任校对:曹 昕

责任印制:王京华

开 本:787×1092 1/16

印 张:20

字 数:400 千字

定 价:25.00 元

作者简介



张世琪 南京理工大学教授、博士生导师,70年代从事数控技术研发与一教学,80年代主要从事FMS技术研发与教学,90年代主要从事CIMS技术研发与教学,“九五”以来主要从事现代制造科学与技术的研究,致力于CIMS应用示范工程的推广应用。曾任863/CIMS主题FME专题专家组成员,现任江苏省CIMS专家组成员;1992年享受国务院政府特殊津贴专家待遇;1990年以来,完成并通过鉴定项目近20项,获部省级科技进步奖一等1项,二等4项,三等3项,四等2项,在国内外核心刊物上发表论文80多篇。



孙宇 南京理工大学工学博士、副教授,长期从事先进制造技术与系统的研究、开发与教学工作,取得丰硕成果,已出版专著一部,发表论文50余篇,获部省级科技进步奖7项。

序 言

信息技术改变了世界的面貌,也使制造领域发生了巨大变化。传统制造业正在转变为与新经济发展相适应的现代制造业,传统的制造技艺或技术已发展成为新兴的现代制造科学与技术。今非昔比,必须认真面对,更必须走在时代的前列。然而,翻阅以往制造领域的专业教科书,很少见到较为系统、准确、全面介绍现代制造科学与技术的普及型教材,使相关专业学生或工程技术人员难以建立较为全面、完整的概念。这与现代社会、经济、科技发展的大环境、大背景不相适应,也与当今人才培养规格的要求不相适应。

现代制造已不仅仅是机械制造,它具有“大制造,全过程,多学科”的新特点。“大制造”应包括光机电产品的制造、工业流程制造、材料制备等,是一种广义制造的概念。从制造方法来看,它不仅包括机械加工方法,还应包括高能束加工方法、硅微加工方法、电化学加工方法、生物制造方法等。“全过程”,不仅包括毛坯到成品的加工制造过程,还包括产品的市场信息分析,产品决策,产品的设计、加工和制造过程,产品销售和售后服务,报废产品的处理和回收,以及产品全生命周期的设计、制造和管理。“多学科”,则是指现代制造科学是微电子、计算机、自动化、网络通信等信息科学、管理科学、生命科学、材料科学与工程和制造科学的交叉。所以,现代制造科学是以制造学科为主体、多学科交叉、渗透、融合和不断创新的产物。

本书以现代制造科学理论为基础,以制造系统为载体,以社会、经济、科技发展为背景,以现代制造系统和技术的体系结构为总框架,围绕制造系统的转换特性、过程特性、系统特性、开放特性和进化特性等基本特性,从战略层、技术层和基础层三个层次,对制造本质、制造环境、制造理念和模式、制造技术群和制造技术应用以及制造科学与技术未来的发展进行介绍。其目的是使读者能对现代制造有一个全新的概念,不仅从技术层次和基础层次上而且还要从战略和理念层次上,全面地、系统地、集成地认识现代制造系统和技术;打破陈旧的思维定势,从工业化发展模式挣脱出来,根据信息化、知识化和全球化的要求,重新审视和定位制造系统和技术,从而建立一个与新经济时代相适应的、新的现代制造知识体系。

本书的重点是建立一个符合现代制造科学与技术发展的、适应新经济时代要求的、全新概念的体系结构,而在内容选择上则突出战略层和管理层的内容,对于单元技术和分系统方面的技术不一一罗列,而是介绍一些典型的新技术。由于现代制造涉及的学科和知识面很广泛,因而在书中大量引用了经过我们学习消化的、许多学者和专家的创新思想、精辟理论、优秀技术、出色应用。所举案例许多是我们群体创造/参与创造的成果。我们的贡献主要是体系结构的创建、制造理念的深化与创新和内容的精选与集成。

参加本书编写的人员有张世琪教授、孙宇博士/副教授、李迎博士/副教授、陈杰博士/副教授、陆宝春博士/讲师、唐敦兵博士、张卫博士生/工程师、夏敬华博士生等,都是多年来从事先进制造技术研究、开发和教学的骨干和学科带头人,特别是承担了多项国防科研中柔性和集成制造、国家高技术领域现代集成制造的研究课题,还主持了多项计算机集成制造系统(CIMS)应用示范工程和制造业信息

化工程,积累了较为全面、丰富的经验和成果。如本书中引用的许多例子,像 BQ—FMS、YH—CIMS、R—CIMS、H—CIMS、YH—AMCS、冲压模具并行工程框架以及基于智慧的生态型制造等,都是作者承担完成的,或与高技术公司合作完成的国家重点项目的研究成果,少数是预研性成果。我们衷心希望将自己的一些心得体会贡献给读者,也希望在与读者的交流中得到新的知识和力量。

在本书的出版过程中,得到了以下单位的支持和资助,在此表示衷心感谢。

南京理工大学研究生院

江苏省软件工程化实验室

金思维信息技术有限公司

新模式软件集成有限公司

北方公司长春 55 研究所的

作者于南京理工大学

2000 年 8 月

目 录

序言

1 概览制造领域:新兴的现代制造科学..... (1)

在我们进入现代制造领域之前,鸟瞰现代制造科学发展概貌和科学前沿,可以引导我们的学习、研究和实践,有利于激发我们的进取精神和创造欲望,同时也为多学科交叉融合开拓新的思路。读者很有可能对本章提出的新知识、新概念、新技术还很不熟悉,也较难理解,但这没有什么关系,让我们带着这些问题和疑问去学习、研究和实践,使其成为我们前进的路标和动力。

1.1 制造业是国民经济的支柱产业 (2)

1.2 制造技术是制造业发展的主体技术 (2)

1.3 新兴的现代制造科学 (3)

1.4 现代制造的科学基础 (3)

1.4.1 制造信息学 (4)

1.4.2 计算制造 (4)

1.4.3 制造智能 (5)

1.4.4 制造系统与制造过程的建模和仿真 (6)

1.5 现代制造的科学前沿 (6)

1.6 现代制造对工程技术人才的新要求 (7)

1.6.1 更加突出环境与背景的作用 (7)

1.6.2 更加突出能力的培养与训练 (7)

1.6.3 更加重视工程的伦理教育 (7)

1.6.4 更加关注技术与管理科学的结合 (8)

1.6.5 树立学科交叉与综合的新概念 (8)

1.7 本章小结 (8)

2 建立基本概念:制造系统的概念模型与本质特征..... (9)

现代制造是以现代制造科学技术为基础,以制造系统为载体,以社会经济发展为环境,展现在我们面前。为此,要想全面了解现代制造的理念、模式、技术及应用,我们必须首先认识现代制造的载体制造系统。

一般来说,一个典型的制造企业就是一个完整意义上的制造系统。通过对企业的基本功能(资源转换,为社会创造财富)和发展方向(虚拟化、智能化)的剖析,初步揭示制造系统和技术以“资源转换”为主线的发展规律,以全球化、信息化和智能化为主要特点的可持续发展方向,以及转换特性、过程特性等基本特性,从而为研究制造系统和技术奠定科学依据和理论基础。

2.1 企业的基本概念..... (10)

2.1.1 企业是人类社会环境的产物..... (10)

2.1.2	企业(制造系统)的基本概念与内涵	(10)
2.2	企业/制造系统的概念模型	(11)
2.3	解读系统模型	(12)
2.3.1	输出	(12)
2.3.2	输入	(12)
2.3.3	资源转换	(12)
2.3.4	机制	(12)
2.3.5	控制/约束	(13)
2.4	系统的本质特征	(13)
2.4.1	转换特性	(13)
2.4.2	过程特性	(13)
2.4.3	系统特性	(14)
2.4.4	开放特性	(15)
2.4.5	进化特性	(15)
2.5	企业系统的进化	(15)
2.6	本章小结	(16)
3	关注环境和背景:信息化、知识化和全球化	(18)
	制造系统(企业)是环境的产物,其发展必然与环境息息相关,受社会、经济、科技、文化等大环境发展变化的影响和制约。当前,市场全球化,经济一体化的社会发展的环境和大背景,对企业的影响越来越深刻,直接关系到企业的生存和发展。揭示社会发展的走向、经济发展的趋势和产业发展的规律,对于认识制造系统和技术未来发展的方向和规律有着至关重要的意义,同时对规划企业发展、选择研究方向和前沿课题有着重要的指导意义。	
3.1	社会发展的走向	(19)
3.2	经济发展的趋势	(20)
3.2.1	“未来经济”或“新经济”的变迁	(20)
3.2.2	知识的类型和特性	(21)
3.2.3	知识经济的基本概念和主要特征	(21)
3.3	产业发展的特征	(23)
3.3.1	新的资源观	(24)
3.3.2	生产力新概念	(24)
3.3.3	劳动价值论的新发展	(24)
3.3.4	资本范畴的新拓展	(25)
3.3.5	消费方式的新变化	(25)
3.3.6	分配方式的变革	(25)
3.3.7	企业制度的再创新	(26)

3.3.8 运行环境的新创设.....	(26)
3.4 本章小结.....	(27)
4 重视理念和模式:现代制造战略、理念和模式.....	(28)
今天,决定企业成败的诸因素中,战略和理念的创新将是领衔一切的;当目标和战略确定之后,则管理决定成败。因此,现代制造的精髓是制造战略和理念、管理思想与模式。	
随着市场全球化、经济一体化进程的加快,竞争战略不断升级,从最初的规模战略、成本战略(C),到后来的质量战略(Q)、供货期战略(T)、服务战略(S)、环保战略(E),直到现在的综合战略,即T、Q、C、S、E。相应的制造理念和制造模式不断创新,先后出现了柔性制造、集成制造、敏捷制造、智能制造以及其他各种先进制造理念和模式。面对今天的新形势、新格局,先进制造理念和模式对于市场竞争的成败将越来越起着决定性的作用。	
4.1 竞争战略不断升级.....	(29)
4.2 制造理念和模式不断创新.....	(30)
4.2.1 柔性制造(Flexible Manufacturing——FM)	(31)
4.2.2 计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing——CIM)	(33)
4.2.3 并行工程(Concurrent Engineering——CE)	(36)
4.2.4 敏捷制造(Agile Manufacturing——AM)	(38)
4.2.5 虚拟制造(Virtual Manufacturing——VM)	(42)
4.2.6 智能制造(Intelligent Manufacturing——IM)	(47)
4.2.7 绿色制造(Green Manufacturing——GM)	(50)
4.2.8 仿生制造(Biolic Manufacturing——BM)	(53)
4.3 管理思想与管理理论不断进步.....	(56)
4.3.1 管理思想和理论的发展概貌.....	(56)
4.3.2 先进管理模式.....	(57)
4.3.3 知识经济时代管理新概念.....	(64)
4.4 本章小结.....	(66)
5 熟悉技术体系:先进制造技术体系结构及典型技术	(67)
有什么样的制造理念和模式,就有相应的一套制造技术相支撑;先进制造技术支持着现代制造的发展与创新。先进制造技术是一群技术的集合,主要有工程设计技术群、制造技术群、管理技术群、支撑技术群,每个技术群又有若干相关技术。就是这个先进制造技术,将制造业带进了知识经济的新时代。	
5.1 先进制造技术概述.....	(68)
5.1.1 先进制造技术产生的社会经济背景.....	(68)
5.1.2 先进制造技术的定义与内涵.....	(68)
5.1.3 先进制造技术的特点.....	(69)
5.2 先进制造技术的体系结构.....	(70)

5.2.1	体系结构	(70)
5.2.2	AMT 体系结构说明	(70)
5.3	工程设计技术群及其典型技术	(71)
5.3.1	工程设计技术概述	(71)
5.3.2	产品数据管理(PDM)技术	(74)
5.3.3	并行工程(CE)技术	(79)
5.3.4	虚拟现实(VR)技术	(82)
5.4	制造技术群及其典型技术	(91)
5.4.1	制造技术概述	(91)
5.4.2	快速原型制造(RPM)技术	(94)
5.4.3	精密和超精密加工技术	(103)
5.4.4	特种加工技术	(106)
5.4.5	虚拟轴机床	(112)
5.4.6	微型机电系统	(120)
5.5	管理技术群及其典型技术	(123)
5.5.1	管理技术概述	(123)
5.5.2	企业资源规划(ERP)	(126)
5.5.3	供应链管理(SCM)	(130)
5.5.4	客户关系管理(CRM)	(139)
5.5.5	计算机辅助后勤支援(CALS)	(143)
5.5.6	决策支持系统(DSS)	(146)
5.5.7	虚拟公司	(151)
5.6	支撑技术群及其典型技术	(154)
5.6.1	支撑技术群的组成	(154)
5.6.2	因特网与企业内部网	(154)
5.6.3	电子商务(EC)	(162)
5.6.4	办公自动化(OA)	(176)
5.7	本章小结	(180)
6	了解应用案例:集成制造与并行设计	(182)
制造思想和理论的突破、制造技术的创新是一项艰苦卓绝的工作;而将它们变为现实生产力,即在制造业中推广应用,同样有着巨大的挑战性。本章通过几个典型案例,使读者初步建立集成制造的完整而具体的概念,使理念、模式、技术、实施等种种概念融为一体,使孤零零的概念与实际企业系统“接轨”,为进一步学习和研究现代制造奠定基础。		
6.1	案例 A:R-CIMS 现代集成制造系统	(183)
6.1.1	概述	(183)

6.1.2	需求分析	(183)
6.1.3	系统总体结构设计	(186)
6.1.4	功能分系统设计	(191)
6.2	案例 B: BQ-FMS 柔性制造系统	(205)
6.2.1	BQ-FMS 概述	(205)
6.2.2	运行控制子系统	(206)
6.2.3	加工子系统	(207)
6.2.4	物流子系统	(209)
6.2.5	检测监控子系统	(213)
6.3	案例 C: 基于工业标准 (COM/DECOM/CORBA) 的部件化企业资源规划 (ERP) 系统	(215)
6.3.1	H-CIMS 简介	(215)
6.3.2	JSERP 体系结构	(216)
6.3.3	JSERP 主要功能模块	(216)
6.3.4	用户化与定制	(220)
6.3.5	二次开发环境 JSERP/ADE	(221)
6.4	案例 D: 先进的车间管理与控制系统 (AMCS)	(223)
6.4.1	概述	(223)
6.4.2	AMCS 的组成	(223)
6.4.3	AMCS 应用实例	(228)
6.5	案例 E: 冲压模具并行工程集成框架	(229)
6.5.1	概述	(229)
6.5.2	模具开发并行机理分析	(231)
6.5.3	面向模具并行工程的 AMOI 集成框架	(236)
6.6	案例 F: 全球化生产体系	(239)
6.6.1	全球化生产体系的框架	(239)
6.6.2	全球化生产体系的组成及其作用	(240)
6.6.3	全球化生产体系的动态变化和发展	(242)
6.6.4	全球化生产体系的关键要素	(243)
7	展望未来发展: 21 世纪的制造科学和技术	(245)

制造科学与技术的发展, 服从于、服务于制造业的发展。21 世纪是信息时代, 也是创新的时代, 各种科学技术的高度复合、交叉, 必将推动制造科学技术的创新与发展, 创造出制造业更加文明辉煌的新局面。

7.1	21 世纪的制造业	(246)
7.1.1	面临的挑战	(246)

7.1.2 市场特征 (246)

7.1.3 产品的特征 (247)

7.1.4 制造企业的特征 (248)

7.2 现代制造科学的发展 (248)

7.2.1 现代制造科学与技术的发展方向 (248)

7.2.2 现代制造科学主要研究的内容和科学问题 (249)

7.3 基于智慧的生态型制造(ETMBO) (251)

7.3.1 引言 (251)

7.3.2 背景 (251)

7.3.3 ETMBOW 的内涵 (253)

7.3.4 ETMBOW 系统的体系结构 (254)

7.3.5 ETMBOW 的意义 (256)

8 结束语 (257)

主要参考文献..... (259)

缩略语..... (262)

1

概览制造领域：

新兴的现代制造科学

在我们进入现代制造领域之前,鸟瞰现代制造科学发展概貌和科学前沿,可以引导我们的学习、研究和实践,有利于激发我们的进取精神和创造欲望,同时也为多学科交叉融合开拓新的思路。读者很有可能对本章提出的新知识、新概念、新技术还很不熟悉,也较难理解,但这没有什么关系,让我们带着这些问题和疑问去学习、研究和实践,使其成为我们前进的路标和动力。

1.1 制造业是国民经济的支柱产业

中国工程院院长宋健撰文说,全世界经济学家几乎一致认为,一个国家,特别是发展中国家,实现现代化的前提是工业化,实现工业化的主力军是制造业。在我国,制造业是实现工业化的水之源、木之本,是实现现代化的原动力,是国家实力的支柱,是支持共和国大厦的基石。

制造业是一切生产和装配制成品的企业群体的总称,是工业的主体。根据我国现行统计的划分,工业由制造业、采掘业以及电力、煤气和水的生产与供应业构成。制造业包括金属制品等 17 个行业:

金属制品	一般机械	运输机械	电器设备
电子设备	仪器仪表	食品工业	纺织
服装	家具	文教用品	油加工
化工	建材	黑色冶金	有色冶金
其他制造			

制造业是一个国家国民经济发展的支柱,是国民经济收入的重要来源。目前,工业发达国家社会财富的 60%以上来自制造业,国民经济收入的 45%来自制造业。在我国,制造业的增加值约占国内生产总值(GDP)的 40%以上,是我国国民经济的支柱产业。

我国制造业将像世界制造业一样,在一个相当长的时期获得快速发展。据预测,一直到 2020 年制造业占我国 GDP 的比重将保持在 35%左右的较高值,2020 年以后虽然制造业的比重呈下降趋势,但其绝对值仍然不断增加。

制造业的发展对经济、社会以至文化诸方面的影响是十分巨大的和深刻的。下面我们简要概括一下制造业在国民经济中的重要地位:

- 它是提高人民消费水平的主要物质基础。
- 它是实现社会经济持续增长的物质保证。
- 它是影响发展对外贸易的关键因素。
- 它是加强农业基础地位的物质保障,是支持服务业更快发展的重要条件,更是加快信息产业发展的物质基础。
- 它是实现经济快速增长的重要支柱和带动经济加快增长的主要因素。
- 它是加快农业劳动力转移和充分就业的重要途径。
- 它是加快发展科学技术和教育事业的重要物质支撑。
- 它是实现国防现代化和保障国家安全的基本条件。

1.2 制造技术是制造业发展的主体技术

制造技术是制造业为国民经济建设和人民生活生产各种必需物质(包括生产资料和消费品)所使用的一切技术的总称,是将原材料和其他生产要素经济合理地转化为可直接使用的成品/半成品和技术服务的技术群。

传统制造技术不断吸收计算机、信息、自动化、新材料、新能源和现代系统管理技术的最新成果,将其综合应用于产品的研究与开发、设计、生产、管理和市场开拓、售后服务,取得显著的社会经济效益,从而形成了现代的先进制造技术。

制造技术是制造业赖以持续发展的主体技术,从各种传统产业到新兴产业如信息产业、知识产业、生物产业、航天产业的进步,都离不开制造技术的进步。下面以信息产业为例,说明信息技术的发展离不开制造技术的发展。

制造技术中精度问题十分重要,制造精度正在由普通级、精密级向超精密级发展,而超精密级的制造误差正随着年代的不同而存在量级误差,大致是 1910 年其误差值约为 $10\mu\text{m}$,1930 年为 $1\mu\text{m}$,1950 为 $0.1\mu\text{m}$,1970 年为 $0.01\mu\text{m}$,而目前已达到 $0.001\mu\text{m}$,即纳米(nm);与此相应,电子元件的制造误差:晶体管约为 $50\mu\text{m}$,磁盘为 $5\mu\text{m}$,磁头、磁鼓为 $0.5\mu\text{m}$,集成电路为 $0.05\mu\text{m}$,大规模集成电路为 $0.005\mu\text{m}$,而合成半导体则达 1nm 以下。基于电子扫描隧道显微镜(STM)之上,利用原子操作技术,在超薄膜上覆盖分子形成 $0.5\sim 1\text{nm}$ 的隆起,用隆起与凹下表示“0”与“1”状态,以记录数据。由此正在研制分子存贮器,一个分子存贮器的存储量等于 100 万张光盘的容量。进一步还可以直接操作原子,通过原子的拔出与堆叠表示“0”与“1”状态,记录数据,由此研制原子存贮器,一个原子存贮器可存储人类的全部知识。

1.3 新兴的现代制造科学

当今,先进制造技术已成为世界科技发展热点之一,并正在产生着一门新兴的工程科学,即现代制造科学。

现代制造已不仅仅是机械制造,它的基本特点是大制造、全过程、多学科。“大制造”应包括光机电产品的制造、工业流程制造、材料制备等,是一种广义制造的概念。从制造方法来看,它不仅包括机械加工方法,还应包括高能束加工方法、硅微加工方法、电化学加工方法等。“全过程”,不仅包括毛坯到成品的加工制造过程,还包括产品的市场信息分析,产品决策,产品的设计、加工和制造过程,产品销售和售后服务,报废产品的处理和回收,以致产品全生命周期的设计、制造和管理。“多学科”,则是指现代制造科学是微电子、计算机、自动化、网络通信等信息科学、管理科学、生命科学、材料科学与工程和制造科学的交叉。

现代制造科学是支撑和产生先进制造理论、方法和技术的基础。它涉及到制造系统和制造过程的理论和建模,制造信息和知识的获取、处理、传递和应用,制造模式和生产管理理论与方法,制造产品的现代设计理论和方法,制造过程及系统的测量、监控理论和方法以及制造自动化理论等。

现代科学创新往往产生在学科交叉之中。生物科学与制造科学的交叉将产生生物制造或仿生制造科学,现代管理科学与制造科学的交叉将产生现代工业工程科学,信息科学与制造科学的交叉将产生制造信息科学,计算机与制造科学的交叉将产生虚拟制造科学。近 20 年来,国际制造科学的发展经验告诉我们,学科交叉是推动制造科学发展的决定性因素。微型机电系统、快速原型制造、敏捷制造模式、机器人学等等的发展就是学科交叉的结果。

我们必须用全新的观念认识新兴的现代制造科学,我们必须面对 21 世纪市场、信息、环境和资源的严峻挑战!

1.4 现代制造的科学基础

制造技术的发展离不开相应历史发展阶段的科技进步和基础科学理论的支撑。在大批量自动化生产阶段,基础理论是力学和统计学;多品种小批量生产方式下,其基础理论发展为以离散事件动态

系统(DEDs)为代表的系统控制理论;在以计算机集成制造系统(CIMS)、敏捷制造(AM)、智能制造系统(IMS)为代表的制造系统模式中,基础理论则发展成为系统理论、人工智能、知识工程等。

制造技术的进一步向前发展,越来越多地依赖于基础科学的深化,依赖于不同领域、不同学科的发展,越来越多地吸收数学、生物、材料、信息、计算机、系统论、信息论、控制论等诸多学科的基本理论和最新成果。制造学科发展到今天已成为一门面向整个制造业,涵盖整个产品和制造系统生命周期及其各个环节的“大制造,大系统,大科学”,即现代制造科学。其科学理论体系见图 1.4.1,具有综合、交叉的特点。其中,制造机理、制造信息学、计算制造学、制造智能和制造系统的结构与建模等,构成了现代制造的科学基础。

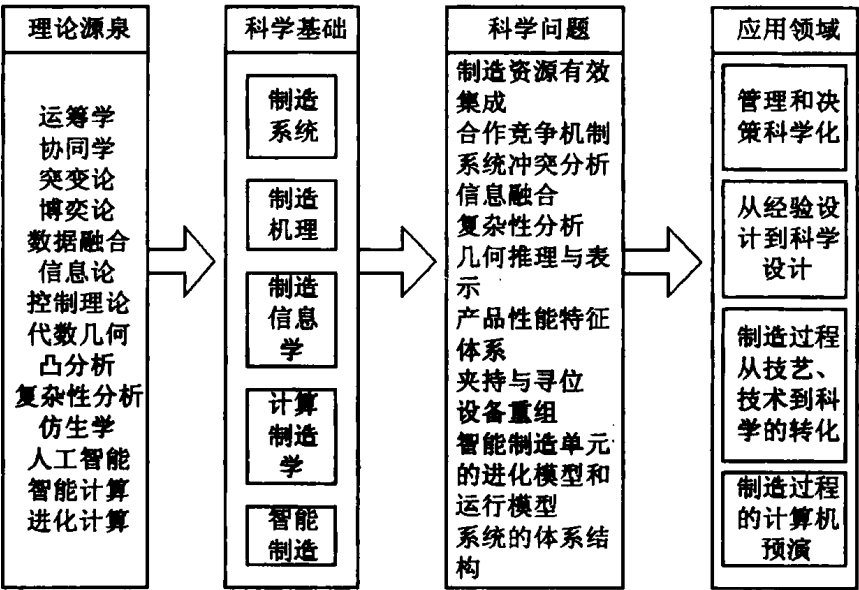


图 1.4.1 现代制造科学基础

1.4.1 制造信息学

制造信息学是研究与制造活动有关的信息、信息驱动、人类应用制造信息的机制以及制造信息体系结构的一门基础科学。制造信息的主要来源是知识,制造系统对信息的依赖也是对知识的依赖。制造经验、技能和知识的信息化,特别是制造活动中人的经验、技能、诀窍和知识的表达、获取、传递、变换和保真机制将是制造信息学的重要研究内容,也是制造系统及制造单元智能化的基础。制造信息学的研究内容见图 1.4.2

1.4.2 计算制造

计算制造是指利用计算机对制造过程和制造系统的表示、计算、推理和形式

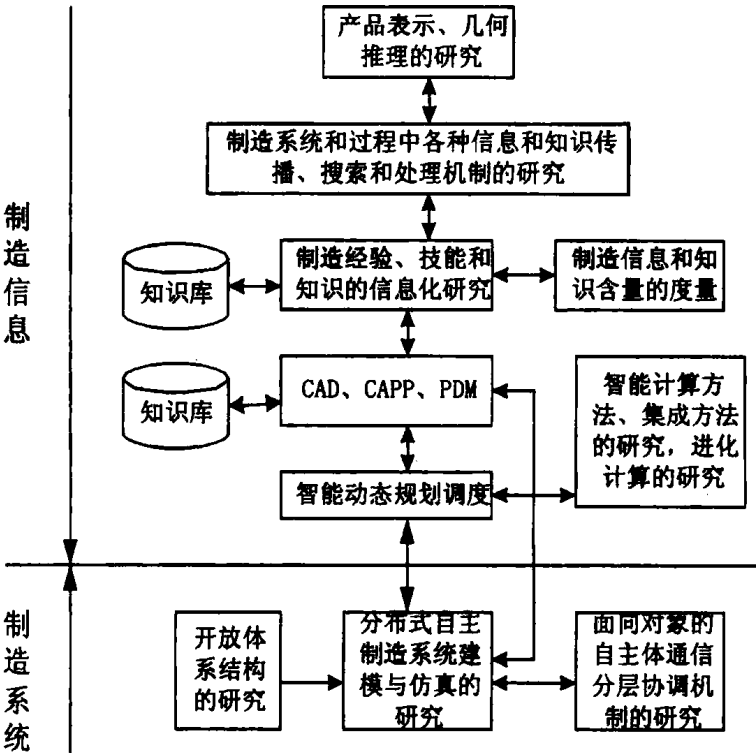


图 1.4.2 制造信息学的研究内容

处理,包括制造中的几何表示、计算、优化和推理,以及制造过程建模、控制、规划和管理有关的计算问题及其复杂性问题分析。目的是使制造系统中的种种问题归结为计算机可形式化的计算模型,研究可计算性和复杂性。

计算制造中存在三个典型问题,即调度、排样与对策。其中,调度问题包括组合爆炸、求解速度与求解质量、问题规模与新型启发式算法等;排样问题包括几何表示、几何推理、几何问题求解等,例如背包问题、机器人无碰路径规划问题;对策问题包括分布式控制与自主决策、多自主体的合作与竞争等。

计算制造的有关研究内容见图 1.4.3。

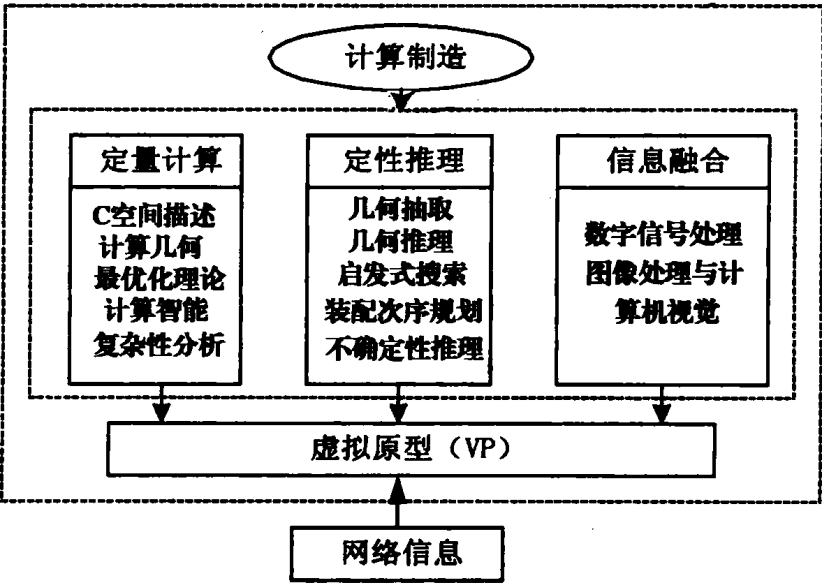


图 1.4.3 计算制造的有关研究内容

1.4.3 制造智能

人工智能特别是计算智能在制造系统及其各环节的广泛应用,以及制造知识的获取、表示、存储和推理成为可能,导致出现了制造智能和制造技术的智能化。制造智能主要表现在智能调度、智能设计、智能加工、智能操作、机器人、智能控制、智能工艺规划、智能测量和诊断等多方面。基于制造智能的智能化制造系统是制造系统的发展方向,被称为 21 世纪的制造系统。制造智能及相关内容见图 1.4.4。

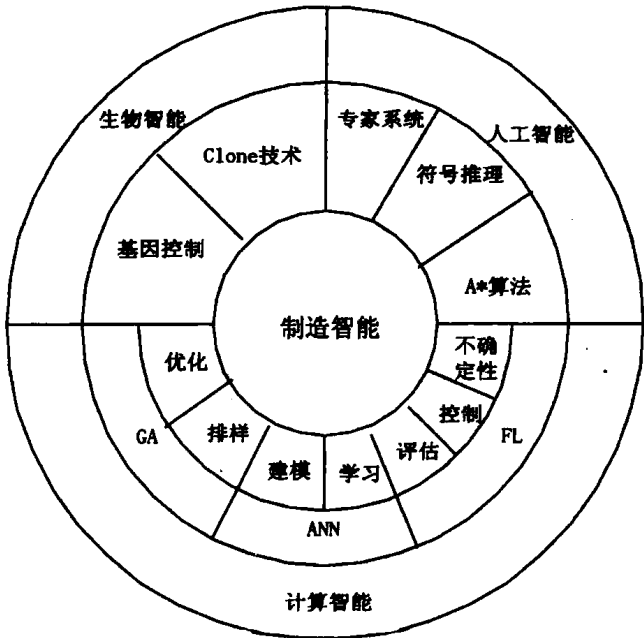


图 1.4.4 制造智能及其相关内容