

现代电子信息技术丛书

先进电子制造技术

(第2版)

—— 信息化武器装备的能工巧匠

主编 程辉明 副主编 朱建军 张德骞 王勇 邵晓东 等



国防工业出版社
National Defense Industry Press

现代电子信息技术丛书

先进电子制造技术 (第2版)

——信息化武器装备的能工巧匠

主编 程辉明

副主编

朱建军

张德骞

王生勇

邵晓东

汪方宝

石磊

王璐

赵韩



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要论述了军事电子行业先进制造技术中信息化支撑技术和数字化设计、制造技术。同时,对先进电子制造技术进行了精辟描述。主要内容有:先进制造技术的信息化支撑体系,项目管理系统,设计管理信息化技术,企业资源管理,制造执行系统,客户关系管理。现代设计理论与方法,产品创新设计,虚拟现实技术,虚拟样机技术,多学科优化设计,异地协同设计。精益生产,虚拟制造技术,网络化制造,绿色制造。电气互联技术,微组装技术,先进连接技术,表面工程技术,精密加工技术,精密成形技术等。

读者对象:具有中专以上文化程度的制造专业或相关专业的技术人员、管理干部,及大专院校师生。

图书在版编目(CIP)数据

先进电子制造技术 / 程辉明主编. —2 版. —北京:
国防工业出版社, 2008. 7

(现代电子信息技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 118 - 05727 - 0

I. 先... II. 程... III. 电子产品 - 生产工艺
IV. TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 068864 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 29 1/4 字数 727 千字
2008 年 7 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 54.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

Preface

序

《现代电子信息技术丛书》(以下简称《丛书》)自1999年首次出版,至今已8年了。《丛书》综合地反映了20世纪90年代电子信息的进展,受到广大科技工作者、大专院校师生和部队官兵的欢迎。进入新世纪以来,鉴于国内外电子信息的飞速发展,世界与局部形势发生了许多新的变化,电子信息技术循着摩尔定律预计的发展速度得到了持续的增长与进步。我国电子信息技术不论在基础层次还是在系统层次也取得了许多世界先进的成果,例如突破了纳米级的金属氧化物场效应器件(MOSFET)的设计与制造技术,研制成功了数十万亿次运算速度的巨型计算机,实现了计算栅格的研制与试验,成功地开发出世界级的第三代数字蜂窝移动通信系统,研制出空中预警与控制机系统和区域级一体化综合电子信息系统等。国际上,美国等发达国家在电子信息技术发展上处于领先地位,成功地研制出45nm的微处理器并进行批量生产,正向20nm及以下迈进。美国启动了从工业时代到信息时代的军事转型,提出从平台中心战(PCW)向网络中心战(NCW)的转型,并以全球信息栅格(GIG)为基础。GIG是美国所构想的、正在研发的国防信息基础设施,预计在2015年可形成初始作战能力。它以面向服务的结构(SOA)为体系构架,向联网的实体提供成套的、安全的信息服务与电信服务,以加强信息共享、决策优势与异构协同。GIG包括多模态数据的传递媒介,如陆上电路、空间单元和无线电台等,其所组成的互联网络可动态地、透明地将信息从发源处路由至目的地。以GIG为依托,美国军队加速向网络中心化演进,如陆军的未来战斗系统(FCS),海军的兵力网(Forcenet),空军的指挥控制星座(C^2 constellation)等。这里涉及十分巨大(Herculean)的技术挑战,必须通过从基础到系统的多层次创新和突破,才能在未来有限的时间内实现超越前15年Web网发明以来的发展。凡此种种,都是我们在编著《丛书》第1版时只能预测而无法探知的。然而今日,这些高新技术的面貌已逐渐清晰并迅速渗入人们的生活和竞争。这使《丛书》的作者们意识到进行再一次创作的必要性;同时,热心的读者们也期盼我们能及时对第1版进行

修改以便与时俱进。

基于以上原因,在各级领导机关的大力支持下,《丛书》各分册的原作者与新分册的新作者们在从事繁重业务工作的同时,废寝忘食、辛勤耕耘,对《丛书》各分册进行了精心修订、编撰,为第2版的问世做出了卓越的贡献。我谨代表《丛书》编审委员会向他们致以衷心的敬意与感谢。

第2版承袭了第1版的编写宗旨、编写特色及服务对象。在维持原结构不变的基础上,对内容进行了大幅度更新,并明显加大了军事科技的比重,增、删了7个分册,总册数由17分册变为18分册,总字数由800万字增加到1400万字。新版《丛书》仍以先进的综合电子信息系统为龙头,分层次、全方位地介绍各项先进信息技术,具体包括以下分册:

系统性技术分册

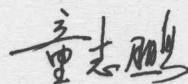
- 综合电子信息系统(第2版)
- 综合电子战(第2版)
- 侦察与监视
- 军事通信(第2版)
- 雷达与探测(第2版)
- 数据链
- 导航与定位(第2版)
- 计算机技术(第2版)
- 计算机软件技术(第2版)
- 信息安全与保密(第2版)

基础性技术分册

- 微电子技术(第2版)
- 光电子技术(第2版)
- 真空电子技术(第2版)
- 传感器技术
- 微声电子器件
- 化学与物理电源(第2版)
- 现代电子测试技术(第2版)
- 先进电子制造技术(第2版)

这两个系统分别从横向、纵向对众多先进的信息技术形成了有机的集成。

《丛书》的编写出版得到总装备部、中国电子科技集团公司及其有关研究所的领导的大力支持,得到国防工业出版社领导及编辑们的积极推动与努力,谨对他们表示由衷的感谢。



2007年8月26日

Preface

第1版序

信息技术是一个复杂的多层次多专业的技术体系,粗略地可以分为系统和基础两个层次。属于系统层的一般按功能分,如信息获取、通信、处理、控制、对抗(简称为5C技术,即Collection, Communication, Computing, Control, Countermeasure五个词的第一个字母)等;基础层技术一般按专业分,如微电子、光电子、微波真空电子等。

信息技术革命的火炬是由微电子技术革命点燃的,它促进了计算机技术、通信技术及其他电子信息技术的更新换代,迄今,尚未有尽期。信息技术革命推动产业革命,使人类社会经历了农业、工业社会后进入了信息社会。

大规模集成电路的集成度是微电子技术革命的重要标志,它遵循摩尔(Moore)定律,每18个月翻一番,预计可延伸到2010年。届时,每个芯片可包含100亿(10^{10})个元件,面积可达到 10cm^2 ,作为动态存储器的存储量可达64Gb(吉比特),接近理论极限 10^{11} 个元件和256Gb存储量。微处理器芯片的运算速度每5年提高一个数量级,到本世纪末,每个芯片运算速度可达10~100亿次每秒,有人认为,实现2000亿次的单片微处理器在技术上是可能的。与此相适应,每芯片比特存储量与每MIPS(兆指令每秒)运算量的成本将呈指数式下降,现在一个100兆指令/s专用数字信号处理芯片只售5美元。如果飞机的价格也像微电子那样呈指数式下降的话,70年代初买1块比萨饼的费用在90年代就可以买1架波音747客机。3年内1部电话机将只用1块芯片,5年内1台PC机的全部功能可在1个芯片上实现,6年内1部ATM交换机的核心功能也可用1个单片完成。由于微处理器芯片价格持续不断地下降,构成了它广泛应用的基础。现在,在一般家庭、汽车和办公室中,就有100多个微处理器在工作,不仅是PC机,而且在电话机、移动电话机、电视机、洗衣机、烘干机、立体声音响、家庭影院中也有。1辆高档汽车中包含20多种可编程微处理器,1架波音777客机含有100多万行的计算机程序代码。

通信技术的进步还得力于光子技术的进步。光通信速率(比

特每秒)每两年翻一番,现在实验室中已可做到 10^{12} b/s,即可将全世界可能传输的全部通信量于同一时刻内在 1 根光纤中传送,或相当于 1s 内传输 1000 份 30 卷的百科全书。通信速率的提高和通信容量的增大,使光通信成本也不断降低,与 80 年代相比,降低了两个数量级。

因特网是全球信息基础设施的雏形,其发展速度惊人。现在每 0.4s 增加一个用户,每 4min 增加一个网络。1996 年联网数大于 10 万,联网主机数大于 1000 万,用户数大于 7000 万(预计到本世纪末,将大于 2 亿),PC 机总量将达 5 亿,联网主机达 3000 万,信息量每 5 年翻一番。越来越多的公司、团体、机关、个人通过信息网络相互联接,其应用范围从单纯的电子函件通信扩大到远程合作(包括教育、诊断、办公、会议、协作等)、按需点播、多媒体文娱、电子商务、银行、支付等,人类社会生存与发展的另一维空间,即信息空间或称为赛博空间(Cyberspace)正在形成。如果说工业社会是建筑在汽车与高速公路上的话,信息社会则是建筑在信息与信息高速公路上的。政府、军队、经济、金融、电力、交通、电信等关键部门都要依赖于信息基础设施的正常运行。信息技术和信息产业的水平已成为综合国力的重要标志,也是国际竞争力的焦点与热点。

信息技术的飞跃发展及其渗透到各行各业的广泛应用,不仅推动了产业革命,而且也深刻地改变了人们的工作、学习和生活的方式。信息技术不仅扩展了人的视觉、听觉等感知能力,而且还渗透到思维领域,减轻或部分地替代人的脑力劳动,提高思维的效率和质量,实现人的思维能力的延伸,增强人的认知能力。信息作为事物的属性与相互关系的状态的表达是客观存在的,但不是显在的,很多是潜在的,有的是深埋的,有待挖掘与提炼。信息技术大大地丰富了信息采集的内容,提高了信息处理的能力,为人们对客观事物及其规律的认识提供了创新的工具,也为人们正确认识与有效改造主观世界和客观世界提供了源泉,将使社会的物质文明与精神文明建设得到极大的发展。

信息、能源与物质是人类社会赖以生存与发展的三大支柱。在信息社会中,信息是最重要的支柱和最重要的产业,它影响着其他两个支柱的健康发展,包括生产、传输、分配、运行、减少损耗、改善管理、提高效率、降低成本等等;同时,它还能不断地培育与发展新物质和新能源的发明与生产,不断地改善生态环境,从而使人类社会进入可持续发展的健康轨道。

信息革命在带动产业革命的同时也带动军事革命,使得军事技术、武器装备、作战思想、作战方式、战争形态、军事原则、军事条令与部队编成等都将发生深刻的变化。如果农业社会是冷兵器时代,工业社会是热兵器时代,那么信息社会则是信息兵器时代。信息、信息系统与信息化平台、武器与弹药成为战场上的主战兵器。信息优势成为传统的陆地、海洋、空中、空间优势以外的新的争夺领域,并深刻地制约着传统领域的战斗胜负,从而构成信息化战争的新形态。在这种战争中,战争胜负决定于敌对双方掌握信息与信息技术的广度与深度。信息不仅是兵力倍增器,它本身就是武器和目标,是双方必争的制高点。1991 年初的海湾战争,被称为硅片战胜钢铁的战争,即源于这样的认识。它开启了赛博空间战、网络战、信息战等簇新的作战方式。

以信息优势为核心的军事革命是建筑在先进的指挥、控制、通信、计算机、情报、监视、侦察及其一体化的信息战能力的基础上的,这个众系之系(系统的系统)我国称为综合电子信息系统,与美军后来提出的 C⁴ISR/IW 相当,它由以下 6 部分组成。

1. 鲁棒的多探测器信息栅格网络。为作战部队提供作战空间感知优势。
2. 先进的指挥控制与作战管理栅格网络。为部队提供作战的先期规划、胜敌一筹的作战部署,执行作战指挥控制与一体化兵力管理能力。
3. 从探测器到射击器的栅格网络。为部队提供精确制导武器的动态目标管理、分配与

引导,协同作战,一体化防空,快速战损评估和再打击能力。

4. 联合的通信、导航与定位栅格网络。提供可靠、安全、大容量与高精度的信息,以支持部队的机动行动,确保全面优势。

5. 信息进攻能力。采取侵入、操纵与扰乱等手段,阻碍敌人作战空间感知、认知与有效用兵能力。

6. 信息防护能力。保证我方信息系统的安全,防护敌方对我信息网络的利用、干扰和破坏。

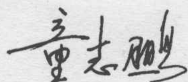
这个系统的系统涉及众多先进的信息技术的横向与纵向的有机集成,它包括雷达和光电的有源与无源探测技术、有线和无线及固定和移动通信技术、计算机硬件和软件技术、精确导航定位技术、航天航空测控技术、信息安全保密技术、电子战技术等横向专业技术的集成;也涉及微电子技术、光子与光电子技术、真空电子技术、压电与传感器技术等先进元器件技术,电子材料技术、电源技术、测试技术、先进制造技术等纵向基础技术的集成。当代军事革命要求在创新的军事思想指引下,发展有层次多专业的纵横集成的信息技术;同时,又要求在先进的信息技术驱动下,培育与发展新的军事思想,并在此基础上推动作战原则、军事条令与部队编成的变革,形成军事革命与信息革命的有机结合。

我们正处于世纪之交,党的第十五次代表大会的胜利召开,启动了有中国特色的社会主义事业在邓小平理论的指引下全面进入 21 世纪。我国的国防与军队现代化建设的跨世纪历史进程已经开始。为了适应军事革命环境下的高新技术军事斗争的需要,我军必须拥有信息优势,必须拥有以先进的综合电子信息系统为基础结构的性能优良的武器装备,必须提高部队素质,把人才培养推上新的台阶。

江泽民总书记非常重视人才的培养,他多次指示,要用高新技术知识武装全军头脑。在未来的信息化战场上,知识将成为战斗力的主导因素,敌对双方的较量将更突出地表现为高素质人才的较量。本丛书的编写出版就是为贯彻这个伟大号召提供系统基础知识。全书以先进的综合电子信息系统为龙头,多层次、全方位地介绍相关的各项先进信息技术,既包括系统技术,也包括基础技术,共 17 个方面,荟萃成 17 个分册。丛书的编写以普及先进信息技术知识为目标,以中专以上文化程度,从事军、民用电子信息技术有关业务的技术人员和管理干部为主要对象,努力做到深入浅出,雅俗共赏,图文并茂,引人入胜,文字简练,语言流畅,学术严谨,论述准确,使其具有可读性、可用性、先进性、系统性与权威性。参加丛书各分册撰写的作者都是长期从事现代信息技术研究与发展的专家,他们在繁重的业务工作的同时,废寝忘食,长期放弃节假日的休息,辛勤耕耘,鞠躬尽瘁,为本丛书做出了卓越的贡献。他们以自己的模范行动,“努力成为先进思想的传播者、科学技术的开拓者、‘四有’公民的培育者和优秀精神产品的生产者”。我谨代表总编委向他们致以衷心的感谢!

本丛书的编写出版得到原国防科工委与原电子工业部领导的大力支持,得到国防工业出版社领导及责任编辑们的积极推动与努力,借此之机,向他们表示由衷的感谢!

中国工程院院士
原电子工业部科技委常务副主任



Preface

前言

《先进电子制造技术》(第2版)主要介绍了军事电子行业的先进制造技术。与第1版相比,本书用大量篇幅阐述了军事电子行业先进制造技术中信息化支撑技术和数字化设计/制造技术;同时,对先进电子制造技术进行了精辟描述。

本书的主要内容是与现代电子装备的研制生产关系最为直接的现代先进电子制造技术,涉及的内容极其广泛,技术跨度甚大。为了使读者对这些技术从总体上有概念性的了解,在内容安排上偏重于介绍基本概念、发展水平、实施方法和关键技术,同时紧密联系电子行业的实际,介绍每项技术的内涵和应用以及国内外该项技术的应用水平和发展趋势等。

在本书的编写过程中,作者力求反映当前电子机械工程领域的先进电子制造技术理念,突出信息化、数字化对军事电子行业先进制造技术的影响。其写作特色在于:

(1) 理论与实践相结合。本书既注重于阐述理论知识,又注重于工程实践,这有利于读者在学习理论知识的同时,可以在工程应用中实践和推广理论知识。

(2) 先进与传统相结合。本书注重了近几年信息化、数字化在电子制造业的发展,为读者提供一定的应用案例;同时,也对传统制造技术进行了重点、深入的阐述,力求体现综合性、先进性、实用性和前瞻性。

(3) 广度与深度相结合。本书在综合当前先进技术发展的基础上,归纳了制造信息技术、现代设计技术、先进制造系统和先进工艺技术等方面的内容,基本包含了军事电子制造中所涉及的相关技术,在某些章节进行了一定深度的详细论述。

本书的编写由中国电子科技集团公司第三十八研究所具体负责,联合第十研究所、第十四研究所、西安电子科技大学、合肥工业大学等单位近50名工程技术人员通力合作与共同努力,在此致以衷心感谢!

书中绪论由张红旗编写,第1章由石磊编写,第2章由赵韩编写,第3章由王勇编写,第4章由张军编写,第5章由赵韩编写,第6章由唐如松编写,第7章由邵晓东、李申编写,第8章由李申编写,第9章由邵晓东编写,第10章由邵晓东编写,第11章由曹鸿钧编写,第12章由李申编写,第13章由张冲编写,第14章由邵晓东编写,第15章由周宇戈编写,第16章由李晓艳编写,第17章由郑国洪编写,第18章由严伟、禹胜林、谢廉忠、刘刚、王昕岳编写,第19章由梁宁、冯杏梅、鞠金山编写,第20章由龚光福编写,第21章由易克平、宗克诚、雷党刚编写,第22章由杨靖辉、赵仁祥编写。

本书绪论由程辉明、石磊审校,第1章~第6章由程辉明、石磊审校,第7章~第12章由段宝岩、王璐审校,第13章~第16章由王勇、程辉明审校,第17章~第22章由朱建军、汪方宝审校。

先进电子制造技术由于涉及的学科知识面很广,非本书作者的知识、能力和经历所能覆盖,因此,本书是在消化和吸收了大量国内外专家和学者的创作思想、精辟理论、创新技术和工程应用后完成的。本书编写中参考文献较多,由于篇幅限制,不能全部列出,特向未被列出的参考文献的作者致以诚恳的歉意和感谢!

限于编写人员水平,书中疏漏、欠妥之处恳请读者批评指正。

作者

Preface

第1版前言

本书是《现代电子信息技术丛书》的一个分册,主要介绍国内外电子行业的先进制造技术,特别是以信息技术为支撑的制造技术。制造技术涉及许多产业部门,凡是制造、生产物质产品的行业都可称为制造业。制造业是国民经济和国防的基础产业,而制造技术是其基础技术。先进制造技术是传统制造技术的最新发展,其概念超越了传统制造技术界限。传统制造技术与先进制造技术有明显的区别。

1. 传统制造技术一般指专业制造工艺,是孤立的,是刚性的;而先进制造技术是柔性的,包含了从市场需求、创新设计、工艺技术、生产过程组织和监控、市场信息反馈在内的工程系统,输入的是订单,输出的是产品。

2. 传统制造技术一般以人流为主驾驶生产过程的物流、能量流、决策流;而先进制造技术以信息流为主,驾驶生产过程的物流、能量流、决策流的全过程的系统工程,或者说是人控与自控的区别。

3. 传统制造技术,学科、专业比较单一,界线分明;而先进制造技术不是任何单一学科和技术的发展与延伸,它是各学科、各专业技术之间交叉、融合形成的一门交叉学科和综合技术,是学科和专业技术的群体。

4. 先进制造技术比传统制造技术更重视制造全过程的组织机构和管理体制的简化及合理化,因而产生了一系列技术与管理相结合的生产方式,如物流需求计划管理技术(MRP)、资源计划管理技术(MRP II)、立体仓库等。

总之,先进制造技术是以先进制造工艺技术、计算机应用技术为核心的信息、设计方法、工艺技术、物流工程及相应的管理工程集成的现代制造工程,是先进技术的工程集成,是不断更新发展的新技术体系。

先进制造技术比传统制造技术具有更加明显的效益,极大地提高了劳动生产率,并具有低消耗、高质量、高速度等优势。

1. 物料积压占用资金:传统制造技术是先进制造技术的1~2倍。

2. 投资:同等生产规模,传统制造技术是先进制造技术的3倍,占用生产面积也是先进制造技术的3倍。

3. 生产周期:传统制造技术是先进制造技术的4~10倍。

4. 先进制造技术:产品从设计到投产的时间缩短30%~60%;废品率降低80%~90%;设备利用率提高2~3倍;成本降低50%;人员减少50%。

当今世界随着市场竞争的日益加剧以及全球化市场的形成,先进制造技术已成为一个国家在市场竞争中或战场对抗中获胜的支柱;先进制造技术的水平已经成为衡量一个国家综合实力和科技发展水平及国防实力的重要标志之一。工业发达国家普遍认为,从某种意义上讲,先进制造技术已成为国家命运的主宰。在我国,人们正在改变对先进制造技术重要性的认识,一些先进的制造技术在部分企事业单位中不断得到推广应用。例如,在军用电子装备科研生产中应用表面组装和微组装先进制造技术,使厚膜电路的线条精度做到0.01mm,在1cm²面积上能组装三块裸芯片,不但减轻了重量,而且使体积缩小至原来的1/8或1/10。相控阵雷达的激励器,体积缩小至原来的1/30,面积缩小至原来的1/7,重量减至原来的1/8。从1988年至1997年,先进的计算机集成制造技术有20个典型应用单位,在10个省(市)的40个企业中得到推广。

但是,在国防工业中仍然可以经常听到“重型号、轻工艺”的反映,在民品工业中“重产品、轻制造”的呼声也不小。这说明先进制造技术的重要作用还没有被更多的人所认识及重视,没有把它摆到应有的位置加以应用发展,所以制造技术水平低、生产能力和应变能力差、没有竞争能力,满足不了电子装备研制生产的需要。

本分册的主要内容是与现代电子装备的研制生产关系最为直接、影响最为广泛和深远的现代技术与工业创新之典范——先进电子制造技术,其涉及的内容极其广泛,技术跨度大。为了使读者对这些技术从总体上有个概括的了解,在内容安排上偏重于介绍基本概念、发展水平、实施方法和关键技术;紧密联系实际应用,介绍每项技术是什么?应用该项技术解决什么问题?国内外该项技术的应用水平和发展趋势等。让非专业人员看得懂,对专业人员有所启迪。全书主要内容有:信息化制造技术、电子电路装联技术、印制板与陶瓷基板制造技术、精密与超精密切削加工技术、特种加工技术、特种焊接技术、金属材料与热处理技术、精密成型技术、三防与电磁兼容技术、制造技术管理等。

本分册由电子工业部第二研究所张立鼎任主编,北京761厂周志春任副主编。

各章编写分工如下:第一章由张德骞、石磊编写;第二章由周志春编写;第三章由王德贵编写;第四章第1~9节由王厚邦编写,第10节由贾善诚主笔,崔殿亨、曹文清、谢廉忠、陈志一、刘刚、俞正平参加编写;第五章由傅展堂编写;第六章由刘寿春编写;第七章由朱云鹤编写;第八章由龚俊杰编写;第九章第1节由张玉华编写,第2节由常志新编写,第3节由赵敬东编写,第4节由张金武编写,第5节由雷有声编写,第6节由王科利编写,第7节由张立鼎编写;第十章由马骞编写;第十一章由常志新编写。许宝兴、高宏、朱云鹤、傅展堂参加了全书的审校工作。朱青负责计算机打印和文稿整理工作。

编写过程中得到原电子工业部第二研究所、第十研究所、第十四研究所、第十五研究所、第二十研究所、第三十八研究所、第五十四研究所、北京761厂、宝鸡782厂等单位的大力支持,在此一并致以衷心感谢。

本书编写中参考文献较多,由于篇幅限制,不能全部列出,特向未被列出的参考文献的作者致以诚恳的歉意和感谢。

由于编写水平有限,书中疏漏、欠妥之处恳请读者批评指正。

作 者

Contents

目 录

绪论	1
0.1 先进制造技术	2
0.1.1 先进制造技术概念	2
0.1.2 先进制造技术的体系结构	2
0.1.3 先进制造技术的特点	3
0.1.4 先进制造技术的发展趋势	3
0.1.5 军事工业中的先进制造技术	4
0.1.6 军事工业先进制造技术概念和意义	4
0.2 先进电子制造技术	5
0.2.1 先进电子制造技术的概念与内涵	5
0.2.2 先进电子制造技术的特点	6
0.2.3 国内先进电子制造技术的应用	7
0.2.4 国内先进电子制造技术的发展趋势	8
0.3 篇章的安排	9
参考文献	10
第1章 先进制造技术的信息化技术	11
1.1 先进制造技术与制造业信息化	11
1.2 制造业信息化体系	12
1.2.1 设计信息化	13
1.2.2 管理信息化	16
1.2.3 生产信息化	17
1.2.4 信息集成	17
1.3 应用与发展趋势	19

1.3.1	信息化方面的应用	19
1.3.2	信息化技术的应用趋势	21
	参考文献	22
第2章	项目管理系统	23
	2.1 项目管理技术内涵	23
2.1.1	什么是项目	23
2.1.2	子项目	24
2.1.3	项目干系人	24
2.1.4	什么是项目管理	25
	2.2 项目的功能和体系结构	30
2.2.1	研发项目管理	30
2.2.2	生产项目管理	37
	2.3 项目的应用和发展趋势	42
2.3.1	项目的应用和发展	42
2.3.2	项目发展的几个趋势	43
	参考文献	44
第3章	设计管理信息化技术	45
	3.1 设计管理信息化的必然性	45
3.1.1	技术上的落后	45
3.1.2	管理上的落后	45
	3.2 设计管理信息化的单元技术及技术内涵	46
3.2.1	设计管理信息化的单元技术	46
3.2.2	CAD/CAPP/CAM/PDM 一体化技术的内涵	49
	3.3 技术研究	49
3.3.1	CAD/CAPP/CAM/PDM 一体化技术体系结构研究	49
3.3.2	CAD/CAPP/CAM 与 PDM 的集成	50
3.3.3	相关技术	54
	3.4 现状及发展趋势	62
3.4.1	现状	62
3.4.2	发展趋势	65
	参考文献	67
第4章	企业资源管理	68
	4.1 企业资源管理内涵	68

4.1.1	概述	68
4.1.2	ERP 发展历程	69
4.1.3	ERP 的核心管理思想	71
	4.2 企业资源管理系统功能结构	73
4.2.1	体系结构	73
4.2.2	计划管理	75
4.2.3	供应链管理	77
	4.3 企业资源管理研究与应用	80
4.3.1	ERP 系统应用概况	80
4.3.2	ERP 发展方向	86
	参考文献	90
第5章	制造执行系统	91
	5.1 引言	91
5.1.1	制造业信息化的背景	91
5.1.2	现代集成制造系统的发展背景	92
5.1.3	制造执行系统内涵	92
	5.2 功能与体系结构	95
5.2.1	体系结构	95
5.2.2	制造执行系统	99
5.2.3	质量控制系统	100
	5.3 应用与发展趋势	102
	参考文献	104
第6章	客户关系管理	105
	6.1 引言	105
	6.2 CRM 内涵	107
	6.3 CRM 的体系结构与功能	109
6.3.1	CRM 体系结构	109
6.3.2	CRM 的主要功能	110
	6.4 CRM 在电子制造业的推广应用	118
6.4.1	电子制造业如何选择适合的 CRM	118
6.4.2	电子制造业实施 CRM 的主要环节	119
6.4.3	成功推广是应用成功的关键	121
	参考文献	122
第7章	现代设计理论、方法及其应用	123
	7.1 现代设计	123

7.1.1	现代设计技术内涵	123
7.1.2	现代设计特点	123
7.1.3	现代设计的发展历史	125
	7.2 现代设计理论与方法	126
7.2.1	现代设计技术体系	126
7.2.2	常见的现代设计理论与方法	128
7.2.3	发展趋势	134
	7.3 现代设计技术在军用电子装备中的应用	135
7.3.1	逆向设计技术的应用	135
7.3.2	多学科优化技术的应用	135
7.3.3	虚拟样机技术的应用	135
7.3.4	协同设计技术的应用	136
	参考文献	136
第8章	产品创新设计技术	137
	8.1 产品创新设计内涵	137
8.1.1	定义	137
8.1.2	背景	138
8.1.3	创新设计与一般设计的关系	139
	8.2 创新设计理论与方法	139
8.2.1	创新设计体系	139
8.2.2	创新设计理论	141
8.2.3	创新设计方法	142
8.2.4	创新设计的关键技术	147
	参考文献	148
第9章	虚拟现实技术	149
	9.1 引言	149
9.1.1	虚拟现实技术内涵	149
9.1.2	虚拟现实技术发展历史	149
	9.2 虚拟现实系统的组成	150
9.2.1	虚拟现实系统的硬件设备	151
9.2.2	虚拟现实系统的软件	155
	9.3 虚拟现实技术应用	161
9.3.1	航空	161
9.3.2	空间技术	161
9.3.3	军事	162

9.3.4	产品研制	163
9.3.5	技能培训	164
	参考文献	164
第10章 虚拟样机技术		165
	10.1 引言	165
10.1.1	虚拟样机技术内涵	165
10.1.2	虚拟样机技术发展历史与现状	170
	10.2 虚拟装配技术	172
10.2.1	虚拟装配研究现状	172
10.2.2	虚拟装配关键技术	173
	10.3 基于虚拟样机的人机工程技术	176
10.3.1	人体模型构造	176
10.3.2	人体行为分析	177
10.3.3	人体姿态分析	177
	10.4 虚拟试验	179
10.4.1	汽车虚拟碰撞试验	179
10.4.2	虚拟风洞试验	180
10.4.3	虚拟跌落试验	181
10.4.4	虚拟鸟撞试验	181
10.4.5	虚拟雷达打靶试验	182
	参考文献	183
第11章 多学科优化设计		184
	11.1 概述	184
11.1.1	现代复杂工程产品的设计特点	184
11.1.2	目前设计方式存在的问题	186
11.1.3	多学科优化设计	186
	11.2 多学科优化基础理论简介	189
11.2.1	基本概念和术语	189
11.2.2	All-in-One 方法	190
11.2.3	一致性约束优化算法(CCO)	190
11.2.4	协同优化(CO)	191
11.2.5	并行子空间优化算法(CSSO)	192
11.2.6	二级集成系统综合法(BLISS)	193
11.2.7	其他研究内容	193
	11.3 多学科优化工具软件	195