

数字化网络化制造技术

杨文通 王 蕾 刘志峰 等编著
王大康 王宛山 主审

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以理论和编程相结合的方式,主要论述了数字化网络化制造基础、计算机网络基础以及网络化制造的相关技术。在介绍计算机网络 Internet/Intranet 的软、硬件连接和配置中,着重讲述了 CAD、CAPP、CAM、产品数据管理以及远程监控的网络化实现技术等内容。

本书内容由基础到实践,循序渐进,具有系统性、新颖性、实用性等特点。本书的实例源自作者多年实践所得,具有较强的可操作性。

本书可作为高等院校非计算机专业的制造信息工程方向课程教材,也可作为研究生的科研选题以及工程技术人员的技术参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字化网络化制造技术/杨文通等编著. —北京:电子工业出版社,2004.5

ISBN 7-5053-9873-3

I. 数... II. 王... III. 计算机辅助制造:机械制造 IV. TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 035495 号

策划编辑:马文哲

责任编辑:李 洁

印 刷:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:19 字数:343 千字

印 次:2004 年 5 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

制造业水平是衡量一个国家工业化进步程度的重要标志，现代制造业技术正在向数字化、网络化、智能化和虚拟化方向发展。我国是制造业的大国，将成为国际制造业的中心，但我国制造业就其现状而言还不能称之为制造业的强国，因此，研究数字化网络化制造是发展我国制造业水平必不可少的重要过程。本书立足于我国制造业现状，分析了网络化制造的可行性与相关技术，对我国网络化制造模式加以论述，并将多年的研究经验进行总结并与读者探讨。

本书以理论和编程相结合的方式，主要论述了数字化网络化制造基础、计算机网络基础以及网络化制造的相关技术。介绍计算机网络 Internet / Intranet 的软硬件连接和配置的同时，着重讲述 CAD、CAPP、CAM、产品数据管理以及远程监控的网络化实现技术。本书共 7 章，主要内容包括：数字化网络化制造概述、网络化制造技术基础、网络化 CAD 技术、网络化 CAPP 技术、网络化 CAM 技术、产品数据管理技术、远程监控技术等。

本书内容由基础到实践、循序渐进，具有系统性、新颖性、实用性等特点。本书的实例都是作者多年研究和实践所得，具有较强的可操作性。

全书由杨文通、王蕾、刘志峰等编著，第 1、2 章由杨文通撰写，第 3 章由王蕾撰写，第 4 章由张乃龙、彭映辉、谢川，常宇撰写，第 5 章由王蕾、王建华、李富平撰写，第 6 章由刘志峰撰写，第 7 章由许宇胜、王哲、吴喜文撰写。全书由王大康、王宛山主审。

本书可作为高等工业院校机械工程学科本科生和研究生学习制造信息工程方向课程教材，也可为工程技术人员参考使用。

由于时间仓促、限于编者水平，错漏之处敬请指正。

编著者

2004 年 3 月于北京

第 1 章 数字化网络化制造概述	1
1.1 制造业现状与展望	1
1.1.1 我国制造业基本情况	1
1.1.2 当前我国制造业存在的主要问题	2
1.1.3 工业发达国家制造业的发展趋势	4
1.1.4 我国实施制造业信息化工程概述	6
1.1.5 实施制造业信息化工程应重视的几个问题	9
1.2 数字化网络化制造	10
1.2.1 制造业分类	10
1.2.2 数字化网络化制造概念及特征	11
1.3 数字化网络化制造模式	13
1.3.1 基于 Agent 分布式网络化制造模式	14
1.3.2 动态网络联盟	15
1.3.3 网络联盟中的组样企业	17
1.4 数控加工网络化制造技术	20
1.4.1 数控机床使用现状	20
1.4.2 分析原因	22
1.4.3 网络制造技术应用于数控加工中的意义	22
1.4.4 网络化数控加工发展动态	23
1.4.5 网络化数控加工基础工作框架	24
第 2 章 网络化制造技术基础	27
2.1 计算机网络概述	27
2.1.1 计算机网络概念	27
2.1.2 计算机网络的分类	28
2.1.3 计算机网络的拓扑结构	30
2.1.4 局域网的组成及结构	32

2.2	计算机网络的体系结构.....	34
2.2.1	计算机网络体系结构的形成.....	34
2.2.2	OSI 参考模型	35
2.2.3	TCP /IP 参考模型	39
2.3	计算机网络硬件.....	41
2.3.1	数据的传输媒体.....	41
2.3.2	网卡.....	44
2.3.3	其他网络互联设备.....	46
2.3.4	网间互联设备.....	49
2.4	计算机网络软件.....	51
2.4.1	常见的操作系统.....	51
2.4.2	通信协议的选择.....	54
2.4.3	IP 地址	57
2.4.4	TCP /IP 配置	60
2.4.5	TCP /IP 测试	62
2.4.6	主机虚拟服务器.....	64
2.4.7	站点建立.....	65

第 3 章 网络化 CAD 技术..... 70

3.1	CAD 概述	70
3.1.1	CAD 概念	70
3.1.2	CAD 发展过程	71
3.1.3	CAD 发展趋势	72
3.2	CAD 系统的软件和硬件	73
3.3	图形处理.....	74
3.3.1	二维图形的坐标选取.....	74
3.3.2	窗口和视图区.....	75
3.3.3	二维图形变换.....	76
3.3.4	三维图形变换.....	79
3.3.5	几何造型与特征造型技术.....	80
3.4	CAD 编程与实现	85
3.4.1	参数化设计原理.....	85

3.4.2	参数化变量化方法.....	88
3.4.3	CAD 编程实例	90
3.5	网络化 CAD 技术.....	132
3.5.1	网络化 CAD 的支撑技术.....	132
3.5.2	网络化 CAD 开发技术.....	137
3.5.3	网络化 CAD 实例.....	140
第 4 章 网络化 CAPP 技术		146
4.1	CAPP 概述	146
4.1.1	CAPP 的发展和趋势	147
4.1.2	CAPP 技术在 CAD/CAPP/CAM 集成系统中的作用	148
4.1.3	CAPP 的基本类型	148
4.2	成组技术	150
4.2.1	概述	150
4.2.2	成组技术的核心技术	150
4.3	综合型 CAPP 系统	156
4.3.1	系统的基本构成	156
4.3.2	工艺设计准备	157
4.3.3	工艺过程设计	159
4.4	网络化 CAPP 系统	162
4.5	网络化 CAPP 系统实例	168
4.5.1	数据库的建立	169
4.5.2	交互界面程序清单	170
4.5.3	过程卡编辑界面的程序	178
第 5 章 网络化 CAM 技术		181
5.1	CAM 概述.....	181
5.1.1	CAM 概念.....	181
5.1.2	数字化制造	182
5.1.3	CAM 的发展.....	183
5.2	CAM 的支撑系统.....	186
5.2.1	CAM 的支撑系统概述.....	186

5.2.2	CAM 的应用.....	189
5.3	网络化 CAM 技术	190
5.3.1	基于 Web 的数控加工走刀运动仿真	190
5.3.2	Java 数控代码校验实例	190
5.3.3	Pro/Engineer 加工图形网络传输实例	197
5.3.4	异地加工实例	204
第 6 章 产品数据管理技术.....		208
6.1	产品数据管理 (PDM) 概述	208
6.1.1	PDM 发展过程.....	208
6.1.2	PDM 的概念.....	212
6.1.3	PDM 的发展现状	214
6.1.4	PDM 软件在我国的应用状况	217
6.1.5	国内外相关领域研究状况	219
6.2	PDM 系统的体系结构及功能	221
6.2.1	PDM 系统的体系结构	221
6.2.2	PDM 的功能.....	224
6.3	PDM 在现代企业中的作用	227
6.4	PDM 与企业信息集成	228
6.4.1	PDM 与 CIMS 的关系	229
6.4.2	PDM 与 3C/ERP 的关系	230
6.4.3	PDM 与网络化制造的关系	231
6.4.4	PDM 信息集成模式	232
6.5	PDM 的实施	233
6.5.1	PDM 的实施必须循序渐进	234
6.5.2	实施 PDM 系统应注意的几个问题	235
6.6	产品数据管理实例	236
第 7 章 远程监控技术.....		250
7.1	Winsock 控件的使用	251
7.1.1	认识 Winsock	251
7.1.2	Winsock 的属性、方法和事件	252
7.1.3	使用中的常见错误	258

7.1.4	建立 TCP 联机的步骤	260
7.1.5	建立 TCP 联机的程序	261
7.2	被监控系统	267
7.2.1	系统结构	267
7.2.2	监控要求	267
7.3	监控系统的窗体设计	268
7.3.1	系统对照图	268
7.3.2	状态值的显示	269
7.3.3	趋势图的窗体	269
7.3.4	完整的窗体	270
7.4	监控系统程序设计	271
7.4.1	程序设计步骤分析	271
7.4.2	数值的读取和显示模块部分	272
7.4.3	警戒模块部分	273
7.4.4	绘图模块部分	274
7.4.5	系统初始化	277
7.4.6	程序的组合	278
7.5	通过 Internet 实现远程监控	278
7.5.1	现场监控计算机端的程序	279
7.5.2	远程监控计算机端的程序	282
7.5.3	完整的网络控制测试	287
参考文献.....		290

第 1 章

数字化网络化制造概述

我国现在已成为一个制造业大国，世界各地到处可见“MADE IN CHINA”，这是不争的事实。但我国还远不是制造业强国，准确地说，我国目前还只是中低档商品的世界制造工厂。为了尽快提高我国制造业的整体素质，特别是竞争力，必须大力推进制造业信息化。

制造业信息化离不开数字化网络化制造技术，因为数字化网络化制造技术是制造业信息化的基础。本章内容在介绍我国制造业基本现状和发展趋势基础上，分析了我国数字化网络化制造技术基础及其基本模式，为读者后续章节的阅读起到了抛砖引玉的作用。

1.1 制造业现状与展望

1.1.1 我国制造业基本情况

2001 年我国制造业工业增加值为 37 613 亿元人民币，占国民生产总值（GDP）95 933 亿元的 33%，制造业工业增加值（当年价）占工业总值的 88%，制造业上交税金占国家税收总额的 30%，2001 年制造业全部从业人员 8 043 万人，占全国全部从业人员的 11%，占全国工业从业人员的 90%。

2001 年，我国制造业成品出口约为 2 398 亿美元，占全国外贸出口总额的 90%。1952 年—1980 年我国 GDP 年均增长率为 6.2%，1980 年—2001 年年均

增长率为 9.97%，制造业 1952 年—1980 年年均增长率为 14.4%，1980 年—1998 年年均增长率为 12.65%。由此看来，我国制造业特别是装备制造业始终以高于 GDP 的速度增长。当前制造业已成为我国最大的产业和国民经济主要组成部分，成为就业的重要市场和出口的主力军，目前制造业和装备制造业的工业增加值已经居世界第四位（仅次于美国、日本和德国）。

1.1.2 当前我国制造业存在的主要问题

当前我国制造业大而不强，主要问题是：

（1）劳动生产率以及工业增加值率低

1999 年我国制造业的劳动生产率为 4 258 美元 / 人 / 年，约为美国的 4.37%，日本的 4.07%，德国的 5.56%；1999 年我国制造业工业增加值率为 26.32%，而 1994 年美国为 49.31%，1993 年日本为 38.01%，而 1994 年德国为 48.44%，分别比美国、日本和德国低 22.99、11.69、22.12 个百分点。总体停留在劳动密集阶段，技术含量低，附加值较低的状况。

表 1.1 所示为中国制造业增加值率和劳动生产率与主要国家相比情况表。

表 1.1 中国制造业增加值率和劳动生产率与主要国家对比

	中国 (1999)	美国 (1994)	日本 (1993)	德国 (1994)	英国 (1992)	法国 (1994)	韩国 (1994)	印度 (1992)
劳动生产率 (美元 / 人 / 年)	4 258	97 300	104 730	76 550	45 330	59 520	55 720	3 350
工业增加值率 (%)	26.32	49.31	38.01	48.44	43.57	38.49	42.98	22.68

（2）制造业设备陈旧，技术落后

优质高效低耗工艺的普及率不足 10%，数控机床、精密设备不足 5%，90% 以上高档数控机床、100% 的光纤制造装备、85% 的集成电路（IC）制造装备、80% 的石化装备、70% 的轿车工业装备依赖进口。

另外，全国大中型机械工业企业中具有国际水平的设备仅占 13.75%，具有国内先进水平的也只有 17.33%，全国大中型机械工业企业产品中优等品率仅为 9.36%。机械工业不但没有起到带动和促进国民经济增长的作用，其自身在国民经济中的比重反而呈持续下降趋势。

（3）低水平生产能力严重过剩，高水平生产能力不足

据 1995 年第三次全国工业普查显示，全国主要工业产品中有 80% 以上的生产能力利用不足或严重不足。其中机械、电子、化工、建材、轻工、冶金等行业的生产能力利用率分别为 51.86%、51.45%、54.9%、64.03%、46.09%、

35.55%。大量的生产能力放空，职工待岗，企业经济效益低，资产负债率高达75%以上，有些甚至资不抵债。而高技术含量和高附加价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。

(4) 技术创新能力十分薄弱

装备工业技术进步与技术贡献率偏低。1998年，我国机械工业技术进步对产值增长速度的贡献率只有34%，西方国家一般都在60%以上；新产品产值率不到30%，西方国家在50%以上；机床产值数控化率，我国只有25%左右，日本已达70%；我国机械工业技术开发经费占销售收入的比重为1.78%，技术开发人员占职工比重也明显低于发达国家。

(5) 军工制造业不适应现代化战争的需要

军工制造业难以实现均衡生产，工艺（生产技术）难以稳定和提高，技术储备不足，难以适应现代化武器发展需要，不具备现代化战争需要的快速响应能力和批量生产能力。军工制造业与民用产业的融合不够，从产业组织结构来看“大而全”的问题比较突出，没有充分利用民用制造业提供零部件、元器件、中间材料及其他配套件的能力。

(6) 能耗高、污染大

我国制造业的平均能耗是工业发达国家制造业平均能耗的一倍，我国制造业所产生的平均污染是工业发达国家制造业平均污染的二倍。

(7) 装备工业的市场竞争力不强

“八五”以来，机械工业中的电气机械及器材制造业、交通运输设备制造业的发展一直保持着较高速度，普通机械制造业、专用设备制造业的发展速度低于制造业的平均水平。进入“九五”时期以后的发展速度尚不及“八五”时期的一半，在机械工业中所占比重一直呈下降态势。装备制造业发展滞后，使得我国重点建设项目主要设备仍依赖进口。1994年—1998年我国共进口各类设备2121.7亿美元。其中投资类机械产品进口1972.7亿美元，年均近400亿美元。在国际市场上，我国出口的机电产品数量是大幅度增长的，但是多数为中低档产品，不能弥补大量进口导致的巨额逆差（1995年—1998年投资类机械产品年均进出口逆差超过100亿美元），反映出国际竞争力仍然较弱。

(8) 产业组织结构不合理

管理体制、管理技术落后，产业组织结构不合理。机械工业是竞争性产业，整体产业集中度较高。我国机械工业在改革以来出现了分散化趋势，没有形成具有国际竞争力的大型企业与大型企业集团，中小企业与大型企业进行专业化协作的产业组织结构还没有形成。

1.1.3 工业发达国家制造业的发展趋势

在美国自 1992 年提出建设信息高速公路计划后，工业发达国家立即投入制造业的数字化、网络化、信息化的研究和应用，以产生巨大的经济效应，提高综合国力。

随着新世纪的来临和科学技术的迅速发展，人类社会正开始走向知识经济的新时代，同时制造业也将进入一个崭新的发展阶段。以因特网为代表的信息技术的广泛应用，将导致制造企业的管理体制和生产模式的根本性变革。

美国 60% 的小企业、80% 的中型企业、90% 以上的大企业实现了电子商务；韩国 2000 年完成了钢铁、船舶、电子、汽车、机械、电力、纤维、生物工程和流通等 9 个重点行业的电子商务；日本 B2B 交易规模为 1 626 亿美元，B2C 交易达 81 亿美元。

1. 国际先进制造技术现状

企业成功的关键因素是：上市时间 T、质量 Q、产品成本 C、服务 S、环境 E、灵活性 F。所以，当今国际先进制造企业都是从企业利益驱动转向用户利益和社会利益驱动，即从以企业利润为目标转向以用户的价格、质量、交货期、售后服务等为目标，甚至以用户的个性化、参与式需求为目标，提升企业在市场的竞争力。现在不是“大”吃“小”，而是“快”吃“慢”，产品研发时间每增加 10%，其年收入将损失 25%~30%。

2. 现代制造系统的模式

所有的制造系统模式均与生产管理模式相结合。许多系统已经是制造—管理一体化的系统，有的甚至是设计—制造—服务—管理一体化的系统。提高制造系统的生产率已经从注重设备自动化转向注重生产过程的科学管理。图 1.1 所示现代制造系统的模式，反映了现代制造系统中出现的一些新哲理，例如：成组技术、CIM、并行工程、JIT 制造、智能制造系统、敏捷制造、精益生产、CIPE、业务过程重组 BPR、电子商务 EC、网络化制造等都是以上市时间 T、质量 Q、产品成本 C、服务 S、环境 E、灵活性 F 为目标形成的生产管理模式。

现代制造企业更多地注重网络合作，使分散的中、小企业组成大规模的生产联盟，达到短周期、快响应、大规模、低成本生产的目的。在生产管理方面，注重从基于劳动与资本的管理转向基于信息和知识的管理，更加注意发挥人在生产中的创新作用。制造系统从面向技术为主转向面向发挥人的创新能力为主。表 1.2 所示为企业战略的转变过程。

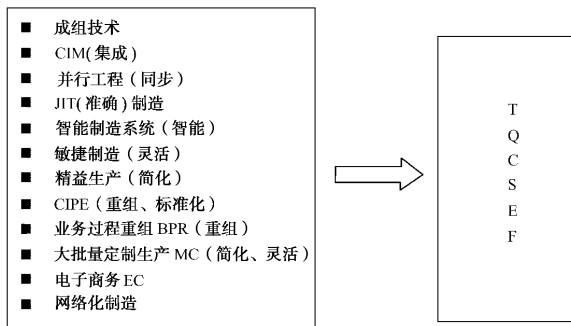


图 1.1 现代制造系统的模式

表 1.2 企业战略的转变

竞争核心	利润	市场份额	有竞争优势的产品市场规模
产品发展战略	较低的成本	产品上市时间	产品创新
技术方面的重点	生产力	数据共享	知识管理
过程方面的重点	串行的设计过程	并行工程	企业间合作
组织方面的重点	面向部门	面向过程	虚拟企业

1980 —————> 1990 —————> 2000 —————>

3. 当前发达国家推行的先进制造理念

(1) 精益制造

精益制造是丰田公司开创的一种先进制造理念，主要是为了降低生产成本、最大限度减少浪费而推出的，它的主要内容是适时生产（Just-in-time）、零库存等制造模式，该模式已经逐步成为世界先进制造的典范。

该模式主要思想是以人为中心，简化企业的组织结构（扁平化）；简化产品开发过程；简化零部件的制造过程；简化产品结构。通过全面质量管理（TQC）实现零质量问题控制；通过准时制造（JIT）实现零库存控制；通过全员设备维护确保制造资源的充分利用和准时交货；通过工厂自动化实现柔性和效率的统一。

(2) 智能制造

现代制造系统使制造成为自学习、自适应、自组织的智能系统，与计算机科学与技术的的前沿研究相结合，形成了新一代智能计算机发展动力和应用对象。

现代制造系统所依赖的基础制造技术是：各种快速制造技术、精密制造技术、特种加工技术、传感与检测技术、数控技术、自动变成技术、成组技术、

CAD/CAPP/CAM 技术、机电一体化技术、机器人技术、信息传输、处理、集成、共享技术、各种精密成型技术、自动、精密装配技术等。其中绝大部分都是传统的制造技术，但都是以现代高新技术改造的传统制造技术。现代制造系统经过了以上传统制造技术的变革，形成了智能化的制造系统，例如：全球制造集成技术、下一代制造（分形制造、分布式制造、仿生制造）、全能制造、基于知识的制造、自适应的物流系统、产品快速开发技术、人机共享系统的组织、模具计算机设计系统、智能复合产品、全球分布式企业建模及其模拟环境、面向产品全生命周期的传感器、高效可重构的制造系统、产品和过程的数据模型等系统。

（3）制造全球化

经济的全球化、市场的国际化、贸易和投资的自由化，以及服务的世界化，促进了竞争，鼓励了革新，加快了经济增长速度，使得制造产业、制造技术和产品逐步走向国际化，导致制造业在全球范围内重新分布和组合。世界制造业正面临着一个不确定性的、急剧变化的、竞争日趋激烈的国际化市场，制造业所处环境已经发生了重大变化。正是这种国际化的市场竞争促进了整个制造业的变革和发展。“哪里有市场，就在哪里生产产品”，降低产品制造成本、贴近市场减少关税、分散汇率的风险，是现代制造业取得市场胜利的关键。

（4）绿色生产

环境保护是建立企业的先决条件。现代制造系统对环境更加关注。制造过程的废物不得污染环境。现代制造系统组建推出了绿色工程、绿色加工等理念。所有的制造系统都充分地考虑到对资源的有效利用，资源的回收、再生，有的还进一步考虑到资源的更新。

1.1.4 我国实施制造业信息化工程概述

制造业信息化工程（Manufacturing Information Engineering）是将信息技术、自动化技术、现代管理技术与制造技术相结合，带动产品设计方法和工具的创新、企业管理模式的创新、企业间协作关系的创新；实现产品设计制造和企业管理的信息化、生产过程控制的智能化、制造装备的数控化以及咨询服务的网络化，全面提升我国制造业的竞争力。

（1）指导思想

科技部在“十五”期间组织了制造业信息化工程专项，围绕“抓应用、促发展、见效益”，专项的指导思想可以概括为：一个中心，两个重点、四个转移。

一个中心：以信息化带动工业化，以工业化促进信息化为中心。

两个重点：研究开发制造业信息化关键技术与软硬件系统；用信息化改造、

提升制造业，提高制造业竞争力。

四个转移：从以制造业自动化为重点向先进制造与制造业信息化转移；从以企业 CIMS 工程为重点向发展集成系统及其支撑软件转移；从以机器人技术为重点向基础装备和成套装备转移；从以跟踪仿制为重点向创新跨越转移。

（2）主要内容及作用

实现设计数字化、制造装备数字化、生产过程数字化、管理数字化和企业数字化（五个数字化）是制造业信息化技术的主要内容及作用，如图 1.2 所示。



图 1.2 制造业信息化五个主要发展方向

设计数字化技术用以实现产品设计手段与设计过程的数字化，缩短产欠开发周期，提高企业的产品创新能力；

制造装备数字化技术用以实现加工和装配的自动化和精密化，提高产品的精度和加工装配的效率；

生产过程数字化技术用以实现生产过程控制的自动化和智能化，提高企业生产过程自动化水平；

管理数字化技术用以实现企业内外部管理的数字化和最优化，提高企业管理水平；

企业数字化技术用以实现全球化环境下的企业内外部资源的集成和最佳利用，促进制造企业的业务过程、组织结构与产品结构的调整，提高我国企业、区域和行业的竞争能力。

（3）制造业信息化关键技术产品研发及应用

制造业信息化关键技术产品研发及应用是以国家行为为主导，建设制造业信息化技术创新体系，开展制造业信息化关键技术研发及应用，为制造业信息化应用工程提供技术支撑。关键技术产品研发及应用的主要任务包括：数字化设计、数字化管理、智能化控制、企业集成化、制造网络系统、数字化装备、数据库管

理系统等方面。

为了更好地支持省市制造业信息化工程建设，国家将在三维 CAD、ERP、MES、企业集成、区域制造网络、数据库管理系统、数控装备等方面开展七大关键技术产品研发与应用，为企业实现设计数字化、生产数字化、管理数字化、装备数字化和企业数字化提供技术与软件产品。这七大关键技术产品研发与应用工作又包括关键技术产品研发、技术产品应用示范、产品应用服务支持等三个方面，相互衔接配套，形成一个有机的整体。

■ 三维 CAD 系统产品研发：针对企业产品创新设计，对数字化设计与制造中的若干关键技术进行创新性研究，开发具有自主知识产权的专业化三维 CAD 设计软件系统，为企业设计数字化与生产数字化提供关键技术与软件产品。

■ ERP 系统产品研发：针对我国企业管理的集约化与现代化，研究符合中国现代管理模式的先进企业管理技术、基于 XML 的 ERP/SCM/CRM/eB 技术，开发满足我国需求的 ERP 管理软件系统，为企业管理数字化提供关键技术与软件产品。

■ MES 系统产品研发：针对生产过程的自动化，研究实时数据库、故障诊断、先进建模等技术，研发基于 MES 的综合自动化系统，为企业实现数字化生产提供关键技术与软件产品。

■ 企业集成系统产品研发：面向产品全生命周期管理和企业集成，研究企业建模与诊断、知识管理、集成平台等技术，为企业信息化整体解决方案提供技术支撑与软件平台，开发面向产品全生命周期管理的 PLM 平台、企业应用集成平台等，为形成数字化企业提供关键技术与软件产品。

■ 区域制造网络系统产品研发：为形成数字化企业群体，研究商务协同、设计协同、制造协同和供应链协同等关键技术，提出区域制造网络系统的制造网络协议及相关应用管理规范、应用实施模式和组织机制，开发典型区域制造网络专业平台和制造网络系统，建立若干有特色的典型区域性制造网络及其技术服务支撑体系，为省市制造业信息化生产力促进中心的运行提供集成服务和工具系统支持。

■ 数据库管理系统产品研发：面向我国制造业信息化、电子政务、信息安全等需求，研发具有自主知识产权的数据库管理系统，包括 DBMS 核心技术、数据库应用中间件和数据库应用构件等，为制造业信息化、电子商务提供技术支撑，为国家信息安全提供保障。

■ 数控装备产品研发：针对国家重点行业特别是国防工业需求，研制开发受国外引进限制的大型高精尖数控加工装备和中档精切类数控机床装备；研究数控

装备的开放控制技术、网络化数控技术、智能控制与维护技术等；研发五坐标数控机床、高速高精加工中心、大型车铣复合加工中心等数控装备产品，为企业实现数字化装备提供关键技术与软件产品。

1.1.5 实施制造业信息化工程应重视的几个问题

(1) 企业信息化，领导是关键

制造业信息化是一场革命，企业领导，特别是主要领导必须首先对此有深刻的理解和认识，要有勇气和魄力去面对挑战。大凡信息化取得成功的企业，都有一条共同的经验：企业主要领导特别是第一把手，必须首先对制造业信息化有深刻的理解和紧迫感。从某种意义上说，推进制造业信息化的过程，就是一个从人治到法治，从暗箱操作到在阳光下行使权力的转变过程。因此，强化管理和控制，必然会受到习惯势力的反抗，受到某些人的抵制，在这种情况下，如果没有企业主要领导的支持和坚决推进，制造业信息化工作就可能夭折。

(2) 企业信息化，培训要先行

制造业信息化工作必须以人为本。培训工作不仅是针对技术人员进行技能培训，还要对领导进行观念和技能的培训。要特别重视对一把手的培训，并且尽可能用一把手培训一把手，请在制造业信息化方面取得成功的一把手进行现身说法。

(3) 企业应用与国产软件开发推广相结合

现有的许多国产软件在功能和界面操作上都和国外软件不相上下，并且更适合我们的国情。所以，企业应用要与国产软件开发推广相结合，使得国产软件更适合我国企业的应用，更好地开发使用我国自主知识产权的软件产品。

(4) 以人为本

人的信息化不仅是会使用信息化的工具，更重要的是思想能够跟上信息化的发展，所以要将信息化概念落实到人，消除人为障碍，在信息化集成的同时完成人的集成。

(5) 中介服务机构的深层次服务

企业的信息化、网络化会耗费企业的大量资金，对于中小型企业实施信息化可根据实力进行资源托管，即采用中介服务机构进行资源管理。这样就会出现两个方面的问题：一是企业对花钱买服务要有普遍的共识；二是国内的很多中介服务机构自身服务能力和水平有待加强。

建议采用的几种网络化服务手段是：基于 ASP 的产品创新设计；制造资源优化配置；电子商务；网络化培训等。