

制造业信息化工程 系列培训教材

制造业信息化工程

——背景、内容与案例

杨海成 祁国宁 等编
孙家广 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

制造业信息化工程系列培训教材

制造业信息化工程

—— 背景、内容与案例

杨海成 祁国宁 等编

孙家广 主审



机械工业出版社

随着制造业信息化工程在全国范围内轰轰烈烈地开展,人才的培养和培训已迫在眉睫。为此,国家制造业信息化工程重大项目总体专家组组织专家编写了一套系列培训教材,分为六册,本书是系列培训教材的第一册,重点分析了国家制造业信息化工程重大项目的背景、工作基础以及组织方式,围绕制造业信息化关键技术的基本概念、技术发展过程、技术内容和应用要点等方面展开了讨论,并介绍了我国部分典型企业的应用案例。

本书作为制造业信息化工程的普及型教材,适合于各级领导、企业管理人员和应用人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

制造业信息化工程:背景、内容与案例 / 杨海成等编. —北京:机械工业出版社,2003.3

(制造业信息化工程系列培训教材)

ISBN 7-111-11814-6

I. 制… II. 杨… III. 信息技术-应用-制造业-中国-技术培训-教材 IV. F426.4-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 016380 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:杨芳 版式设计:胡滨 责任校对:陈苑

封面设计:齐杰 责任印制:王崇民

保定市印刷厂·新华书店北京发行所发行

2003 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm × 1168mm $1/32$ · 10.75 印张 · 236 千字

0 001-5 000 册

定价:30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)88379785

序

党的十六大报告明确指出,我国经济建设要走新型工业化道路,以信息化带动工业化,以工业化促进信息化。这是党中央在全面总结我国工业化历史经验,深刻洞察世界信息革命发展趋势的基础上,做出的一项重大战略决策。为积极推进以信息化带动工业化,加快提高我国制造业的国际竞争力,“十五”期间,科技部会同国务院信息化办公室、国家经贸委、信息产业部、国防科工委等部委启动了制造业信息化工程。目前,这项工作已经在全国 27 个省(自治区、直辖市)、46 个中心城市和将近 2000 家企业全面推开,并正在向纵深发展。

制造业是国民经济和社会发展的物质基础,是一个国家综合国力的重要体现。新中国成立以后,经过五十余年的奋斗,我们已建立起一个比较完整的制造业体系。现在我国制造业的总体规模居世界第四位,仅次于美国、日本和德国。钢铁、水泥、化纤、化肥、电视机、摩托车等制成品的年产量居世界第一位。由于我国经济连年高速增长,社会政治稳定,有巨大的市场和丰富的人力资源,所以在新一轮国际产业结构调整中,发达国家的产品制造正在大举向中国转移。但是应当看到,我们现在还远不是制造强国。在国际制造业的产业链上,我们主要处于中低端。在世界 500 强企业中,迄今还没有一家中国的制造业企业。就劳动生产率而言,我国制造业只是美国的 1/23、日本的 1/25、德国的 1/18。大部分企业技术创新能力薄弱,不少关键技术及设备仍然依赖国外。为了加快实现从制造大国向制造强国的转变,迎接世界制造业基地向中国的转移,我们必须大力推进制造业信息化,提高我国制造业的整

体素质和竞争力。

信息化是当今世界制造业发展的大趋势,是中国制造业实现跨越发展的重要机遇。自第一次工业革命以来,全球制造业先后经历了机械化、电气化和信息化三个阶段。信息技术的出现和发展,不仅创造了计算机、通信设备、集成电路等新兴的电子信息产业制造业,而且通过渗透和辐射,使机械、冶金、化工、纺织、服装等传统制造业的生产方式和经营理念,正在发生革命性的变化。信息化是推动全球制造业进一步发展的强大发动机。制造业信息化技术由于集成了电子信息、自动控制、现代管理与生产制造等多项先进技术,能够同时调控资金流、信息流和物流,促进了产品设计的创新、企业管理模式的创新和企业间协作关系的创新,减少了资源消耗和环境污染,提高了产品质量和劳动生产率,从而大幅度地增强了制造业的竞争力。发达国家的制造业早在 20 世纪 80 年代就基本实现了信息化,现在正向高度智能化和网络化方向发展。目前世界各主要国家都在大力推进制造业信息化,以提高国际竞争力。我们必须把握这个大趋势,并且紧紧咬住,奋起直追。否则,与发达国家的差距就可能进一步拉大,在未来国际竞争中处于不利地位。

制造业信息化是加快实现工业化的突破口,是以信息化带动工业化的主战场。我国目前还处在工业化进程之中,距离完成工业化还有很长的一段路。我们必须清醒地认识到:第一,工业化的进程是不能够逾越的。我国作为世界上最大的发展中国家,要从一个落后的农业国变成一个现代化的强国,一蹴而就是不现实的。第二,在经济全球化和科学技术突飞猛进的今天,工业化的过程又是可以缩短的。不同国家实现工业化所需要的时间可以有很大差异。例如,英国实现工业化用了大约 200 年,日本实现工业化用了 100 多年,而韩国实现工业化只用了 30 多年。究其原因,主要是韩国抓住了新一轮世界产业结构调整和新科技革命的机遇。我国现在面临与当年韩国类似的机遇,应该充分利用信息革命的到

来，大力推进信息化，加快信息技术在各行各业特别是在制造业的应用，以信息化带动工业化，进而实现全社会生产力的跨越发展。制造业是工业产业的主体。据统计，制造业的增加值占整个工业产业的 78%，从业人员占 82%。国内生产总值的约 40%、财政收入的 50%、外贸出口的 80% 来源于制造业。因此，走新型工业化道路，以信息化带动工业化，重点和主战场应当放在制造业信息化。

制造业信息化工程协调领导小组组长
科技部高新技术发展及产业化司司长

李健

制造业信息化工程
系列培训教材（共6册）

◆ 《制造业信息化工程
——背景、内容和案例》

◇ 《制造业信息化技术问答》

◇ 《现代产品开发设计技术》

◇ 《现代管理技术》

◇ 《现代制造装备与工艺》

◇ 《流程工业自动化技术》

目 录

前言

第1章 制造业信息化工程的背景 1

- 1.1 制造业是国民经济的支柱,是国家经济实力的
重要标志 1
- 1.2 我国制造业面临的机遇和挑战 5
 - 1.2.1 制造业竞争环境的变化 5
 - 1.2.2 制造业发展模式的变化 7
 - 1.2.3 制造企业运行效率与活动空间的变化 8
- 1.3 我国制造业存在的主要差距 10
 - 1.3.1 产品创新能力较差,产品开发周期较长 12
 - 1.3.2 制造工艺装备落后,成套能力不强 13
 - 1.3.3 流程工业生产自动化和优化水平不高,资源综合
利用率低 14
 - 1.3.4 企业管理粗放,协作能力较差,国际市场
开拓能力弱 14
 - 1.3.5 技术集成和集成创新不足 15
- 1.4 制造业信息化是提高制造业竞争力的必然选择 16
 - 1.4.1 用信息技术改造和提升制造业是制造业生存与
发展的需要 16
 - 1.4.2 提高制造业国际竞争能力需要推进制造业
信息化 18
- 1.5 制造业信息化工程的定位与组成 19
 - 1.5.1 制造业信息化工程的定位 19

1.5.2 制造业信息化工程的组成·····	21
第2章 制造业信息化技术的现状 ·····	30
2.1 我国制造业信息化发展历程·····	30
2.1.1 CAD 应用工程 ·····	32
2.1.2 CIMS 应用示范工程 ·····	40
2.1.3 其他相关计划·····	51
2.2 制造业信息化技术的现状和发展趋势·····	52
2.2.1 设计数字化技术的现状和发展趋势·····	52
2.2.2 管理数字化技术的现状和发展趋势·····	59
2.2.3 制造装备数字化技术的现状和发展趋势·····	65
2.2.4 生产过程数字化技术的现状和发展趋势·····	71
2.2.5 企业数字化技术的现状和发展趋势·····	77
第3章 制造业信息化重大关键共性技术及应用 ·····	83
3.1 三维CAD 技术 ·····	83
3.1.1 基本概念·····	83
3.1.2 技术发展过程·····	88
3.1.3 技术内容·····	91
3.1.4 应用要点 ·····	102
3.2 现代企业管理与电子商务技术 ·····	105
3.2.1 基本概念 ·····	105
3.2.2 技术发展过程 ·····	108
3.2.3 技术内容 ·····	111
3.2.4 应用要点 ·····	123
3.3 流程工业MES 技术 ·····	125
3.3.1 基本概念 ·····	125
3.3.2 技术发展过程 ·····	127
3.3.3 技术内容 ·····	130
3.3.4 应用要点 ·····	142
3.4 企业集成系统技术 ·····	150

3.4.1	基本概念	150
3.4.2	技术发展过程	156
3.4.3	技术内容	159
3.4.4	应用要点	174
3.5	区域网络化制造技术	175
3.5.1	基本概念	175
3.5.2	技术发展过程	180
3.5.3	技术内容	187
3.5.4	应用要点	190
3.6	数控装备技术	192
3.6.1	基本概念	192
3.6.2	技术发展过程	205
3.6.3	技术内容	209
3.6.4	应用要点	224
3.7	数据库管理系统	225
3.7.1	基本概念	225
3.7.2	技术发展过程	227
3.7.3	技术内容	232
3.7.4	应用要点	246
第4章	制造业信息化技术应用案例	249
4.1	成都飞机工业(集团)有限责任公司企业信息化应用 案例	249
4.1.1	企业概况	249
4.1.2	成飞企业信息化的实施历程	250
4.1.3	成飞CIMS应用工程实施情况	253
4.1.4	数字化设计/制造/管理在超七飞机 研制中的应用	264
4.1.5	近期目标	268
4.1.6	几点体会	268

4.2 海尔集团“业务流程再造信息化管理系统”案例	272
4.2.1 企业概况	272
4.2.2 海尔集团信息化需求分析	273
4.2.3 实施海尔企业信息化的基础条件	274
4.2.4 “以市场链为纽带的业务流程再造信息化管理 系统”	278
4.2.5 系统实施方案	281
4.2.6 实施效果	286
4.2.7 海尔集团信息化展望	288
4.2.8 系统实施经验和建议	289
4.3 中国石化镇海炼化股份有限公司 CIMS 项目建设案例	293
4.3.1 企业概况	293
4.3.2 需求分析	294
4.3.3 基础条件	296
4.3.4 ZRCC—CIMS 一期工程实施内容	297
4.3.5 系统实施方案	300
4.3.6 实施效果	302
4.3.7 系统实施经验和建议	304
4.3.8 公司“十五”信息化发展设想	307
4.4 制造业信息化技术服务体系建设案例	310
4.4.1 武汉市制造业信息化生产力促进中心成立背景	310
4.4.2 中心的服务定位	311
4.4.3 中心已开展的主要工作	312
4.4.4 几点体会	318
4.4.5 下一步工作打算	321
缩略语表	324
参考文献	329

第 1 章 制造业信息化工程的背景

1.1 制造业是国民经济的支柱,是国家经济实力的重要标志

制造是把原材料转换成具有效用(价值)产品的过程。制造过程包括从原材料市场到制成品市场的全过程,不仅包括企业内部,还包括企业外部所有与制造有关的过程。可以将制造业分成传统制造业和新兴制造业两大类,其中,传统制造业包括机械、冶金和化工制造业等,而新兴制造业则包括信息制造业和生物产品制造业等。从产品对象来看,制造业不仅包括机械、电子类的离散制造业,而且还包括石油、化工等流程工业以及钢材等混合制造业。

纵观世界的发展历史,一个强大的国家必须依靠强大的制造业作为支撑,制造业是国民经济发展的发动机。

第二次世界大战结束后,美国罗斯福总统科学研究与发展办公室在关于美国科学技术发展的报告中指出:“基础研究是产生新知识的源泉,是实际应用所必需的知识储备。不断研究自然规律,就能创立新的制造业,同时也能够大大提高与发展旧的产业”。20 世纪 70 年代后期,美国一些学者把制造业称为“夕阳工业”,建议将经济发展的重心转向服务业等第三产业。这种科技政策和舆论导向给美国制造业带来了不少负面影响:制造业的固定资本投入率下降,科研工作与应用需求相脱节,科技成果不能及时转化为生产力,企业管理模式僵化落后,产品性能价格比缺乏市场竞争力。阿以战争爆发,以石油危机为导火索的经济大衰退席卷了整个工业社会。但是,美国人却不怀疑自身制造技术和生产模式上存在的问题,也不去研究市场需求的变化,片面认为工业经

济兴衰是经济演化的自然结果,因而忽视了对传统制造业的革新与技术改造,为其后的经济衰退留下了隐患。据统计,美国 20 世纪 70 年代劳动生产率的增长速度一直为 0.5%,衡量新技术引进和职工技能提高的综合指数几乎下降为零;80 年代中期,曾经称霸世界 60 年之久的汽车制造业发生衰退,1987 年美国汽车进口高达 31%;曾经是净出口国的机床行业 1986 年进口比例为 50%,钢铁行业 1986 年进口比例为 37%;收音机从 1955 年占国内市场 96% 到 1975 年几乎为零,电视机制造企业到了 1987 年只剩下一家。在制造技术和管理方式方面,美国企业与日本企业也有较大的差距,美国汽车制造厂模具的换装时间需要 8~24h,而日本汽车制造厂只需要 5min;在产品质量方面,美国汽车制造厂每装配 100 辆汽车,约有 130 个缺陷,而日本汽车制造厂只有 45 个缺陷。制造业的严重衰退导致了美国贸易逆差剧增,1987 年贸易逆差高达 1610 亿美元,经济发生严重滑坡。

日本受战败国条款的限制,在科学技术全面落后于欧美的情况下,采取了优先发展民用技术,特别是制造技术的科技政策,把主要精力投入到传统制造业的更新改造以及市场前景广阔、效益显著的民用产品上。在大量引进数控、机电一体化、机器人、柔性制造和精密机械等技术的同时,强调每引进一项技术,都要全力实现国产化。成功的国产化使日本企业开发出具有强劲竞争优势的产品。机床、机器人、汽车、各类办公产品和家电产品等都成为日本占领欧美乃至全球市场的商品。例如,1984 年,日本机床销售总额达到了 44 亿美元,而当时其他几个机床生产大国的销售总额分别为:前苏联 29 亿美元,原联邦德国 28 亿美元,美国 24 亿美元。国产化战略帮助日本节约了三分之二的产品开发时间和十分之九的开发经费,走出了一条低投入,后来居上的跨越式发展道路。20 世纪 70 年代,日本政府鼓励兴建柔性制造系统,将企业设备使用寿命强制限制为 15 年,后又改为 7 年,并由政府提供部分资金,强行进行制造技术的更新换代。80 年代中期,日本制造业

及其经济实力迅速跻身世界前列。90年代初,日本的人均国民生产总值超过了美国。在引进技术的同时,日本政府积极鼓励企业自主创新,像精良生产、准时生产和全面质量管理等先进的生产管理方法和理念均出自日本。这些先进的生产管理方法和理念的巨大作用已为世界所公认。

日本经济的崛起和美国制造业的严重衰退震惊了美国朝野。20世纪80年代中后期,美国麻省理工学院在《夺回生产优势》一书中指出:“振兴美国经济的关键在于振兴美国的制造业”,“经济的竞争归根结底是制造技术和制造能力的竞争”。80年代末,美国政府对科技政策进行了结构性调整:科学研究必须面向市场;既应重“军”也应重“民”;加大产业技术的研究开发力度;提高产业技术整体水平和竞争能力;推动国家实验室走出象牙塔,促进科技成果的转化;鼓励“官、产、学、研”大协作等。90年代,美国进行了经济与产业结构的战略重组,将一些劳动密集型的产业推向世界,寻求合作伙伴,联合生产。国内则大力开发高新技术产业,推广应用信息技术和先进制造技术,取得了明显的效果。1992年到1997年,美国国内生产总值实际增长中的29%来自制造业,这表明制造业成为了对美国经济增长贡献最大的部门,成为推动90年代美国经济增长的第一大动力。统计结果还表明:制造业是推动美国技术进步的主要力量。美国研究与发展总投资的57%来自制造业,其中来自交通设备、电子和化学三个行业的投资就占38%。由于大力开发和应用CAD等新技术,制造业的劳动生产率也随之提高。计算机、微电子和航空航天等新型产业的产量占到全球总量的44%,尖端技术产品占到75%,而高技术产品则占到了45%的市场销售份额。目前,美国在微电子、机器人制造、电子商务及个人通信服务等行业大力招募优秀人才,开发智能技术,为形成21世纪的智能产业做准备。

而近几年的日本和韩国,由于一些大型制造企业集团生产经营状况普遍不景气,如2001年日本七大企业集团中只有索尼公司

取得微薄盈利,从而造成了国家整体经济状况的滑坡。

改革开放以前,我国走独立自主的发展道路,设计制造出了以万吨水压机和“两弹一星”为代表的重大关键装备。改革开放以后,通过技术引进、消化吸收、自主创新等举措,我国的钢材、水泥、化纤、服装和电视机等产品的年产量已居世界第一位,而且形成了东北的装备制造基地,陕西、四川等国防制造基地,上海和江浙一带的汽车零部件、服装等制造基地以及广东珠江三角洲地区通过三来一补等发展起来的电子产品、计算机和通信产品的制造基地。1985年到1995年的10年期间,我国工业增加值年平均增长13.4%,工业总产值年平均增长17.6%,均大大高于国民经济发展的平均速度。特别是近几年,许多大型跨国公司如IBM、西门子和诺基亚等将其制造基地向我国大量转移,我国已经成为一个在世界上具有相当影响的制造大国。2000年,我国制造业工业增加值30700亿元,占国民生产总值的34%,占工业的78%;上缴税金4526亿元,占国家税收总额的36%;全部从业人员8043万人,占全国从业人员的11%,占工业从业人员的90%;工业制成品出口占全国外贸出口的90%。如果没有制造业的高速增长,中国经济发展的速度将大打折扣。这再次验证了经济学家卡尔多在1967年所阐述的理论:“高速增长,几乎总是与第二产业,主要是制造业的高速增长联系在一起,而且这是发展处于中间阶段的特点。”我国经济正处在结构调整和转型过程中,其特点并不是使服务业成为经济发展的主导力量,而是制造业体系的深化和制造业地位的日益加强。

随着知识经济时代的到来,人类社会正在进入一个以智力资源的占有、配置,以及知识的生产、分配和使用(消费)为重要因素的经济时代。对于制造业来说,21世纪初竞争的核心将是以知识为基础的创新能力的竞争。我国要想参与这场经济竞争,实现第三步战略目标,必须提高我国制造业的综合竞争能力,尤其是创新能力,包括知识创新能力、技术创新能力、产品创新能力和管理创

新能力,否则,我国制造业在强大的国际竞争压力下将难以生存、发展。从 2000 年 12 月起,中国工程院组织了相关专业的 25 位院士和 40 多位工程技术、社会科学和管理等方面的专家,经过 1 年多的分析和研究,向中共中央、国务院提出了《新世纪如何提高和发展我国制造业》的战略咨询报告,建议国家在现代化建设中高度重视制造业的发展,特别是装备制造业的发展,并采取有效措施。

1.2 我国制造业面临的机遇和挑战

世纪之交,世界的政治、经济和技术发生了前所未有的巨大变化,经济全球化正在形成。信息技术对制造业产生了极其深刻和全面的影响,使制造业的发展打上了明显的信息化烙印。经济全球化和信息化使制造业的竞争环境、发展模式及运行效率与活动空间等发生了深刻变化,这些变化对我国制造业提出了严峻的挑战,同时也为实现我国制造业的跨越式发展提供了有利条件和机遇。

1.2.1 制造业竞争环境的变化

随着经济全球化进程的加快,出现了新的国际分工格局。由于发达国家的劳务成本不断攀升,很多产品的生产制造将向包括我国在内的发展中国家和地区转移。我国由于经济连年高速增长,社会政治稳定,加之有比较便宜且素质较好的人力资源,成为很多跨国公司的首选之地。据日本经济新闻社和日经研究所 2001 年 7 月下旬对在东京证券市场上市的 1143 家公司进行的一次调查结果显示,日本制造业中有 49.1% 的企业准备在今后三年内提高海外生产的比例,其中有 70% 的企业将中国作为主要目的地。不仅是日本,欧美一些国家和韩国等国的企业也都在中国投资设厂并已经形成珠江三角洲和长江三角洲等全球性的生产基地。有一位日本学者认为:目前中国制造业的迅速崛起,非常像第一次工业革命时期的英国、第二次工业革命时期的美国和 20 世纪

60 年代的日本,中国正在成为世界制造工厂。现在,在世界各地到处可见“MADE IN CHINA”的产品,这已是不争的事实。

地处珠江三角洲的东莞市,目前已经成为国际著名的通信产品及计算机元器件的生产基地之一。在东莞生产的计算机磁头、计算机机箱及半成品、敷铜板、高级交流电容器、行输出变压器、收录机、扫描仪、微电机、键盘、计算机主板和电子元器件等十几种主要产品,在世界市场的占有量超过 10%。世界上一些著名的品牌,如 IBM、诺基亚移动电话等已在东莞落户生产。广东东莞黄江镇的 EMS(电子制造服务,俗称“代工”)制造基地,仅电子制造区就有 10 栋 4 层高的 大楼,每一层面积为 8800m²。许多跨国公司的 PC、服务器、路由器、手机乃至机顶盒等都在这里制造。

国际制造业向中国转移,一方面是因为中国廉价的劳动力,另一方面则主要是因为中国日益增长的经济实力。中国的 GDP 连续几年位居世界前十名,2000 年对美出口额达 1000 亿美元,对日出口额近 900 亿美元,进口额也十分巨大。另外,中国的外汇储备达 1500 亿美元,同时,中国还是一个尚待开发、且充满活力的大市场。这些都说明中国不仅拥有强大的生产力,而且具有强大的购买力,是任何一个国家的企业都不会放弃的巨大市场。这使得国内制造业产品的市场竞争更加激烈,也使得我国制造企业必须直接同跨国公司在技术、资源和人才等方面进行正面竞争。

虽然发达国家的企业把一些产品的中间生产过程转移到发展中国家,但仍强有力地控制着产品的研发、设计、工艺和市场,以从中获得最大的经济效益和政治资本,同时又借此控制发展中国家的经济命脉和国家安全,使世界各国的贫富差距越来越悬殊。在军工制造方面,更是实行全面封锁,严格限制,使世界各国的强弱差距越来越大,强权政治越演越烈。另一方面,中国引进先进技术的方式,已经从单纯引进先进的机器设备转变为通过吸引国外直接投资来获得外国的资金、先进技术和管理经验。虽然目前在我国投资设厂的基本上是加工企业,鲜有研究和开发,但外商带来的