

工业工程与 制造业信息化——

IE+IT

Industrial Engineering and
Informationization of Manufacturing Enterprises—IE+IT

► 齐二石 宋立夫 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

工业工程与制造业 信息化——IE + IT

齐二石 宋立夫 著

本书得到国家自然科学基金项目（70671072）资助



机械工业出版社

本书面向我国制造业信息化工程,基于工业工程、计算机工程、管理科学等理论及方法,提出 IE + IT 理论及创新技术支撑体系。在简要介绍现代工业工程技术和制造业信息化工程现状的基础上,提出制造业信息化工程匹配理论,建立企业管理系统与信息系统匹配度诊断模型,详细阐述了管理成熟度、软件适宜度、管理系统与软件系统匹配度诊断过程及方法,并介绍了企业信息化项目实施过程的启动、计划、实施、控制、收尾五个阶段,提出信息化工程效益、企业 IT 能力、信息化工程融合水平三种后评价方法,最后进行了实例分析。

本书可作为制造业信息化工程管理与技术人员的参考书和指导书,也可作为高等院校相关专业本科生或研究生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

工业工程与制造业信息化——IE + IT/齐二石,宋立夫著. —北京:机械工业出版社,2011.7

ISBN 978-7-111-35041-5

I. ①工… II. ①齐… ②宋… III. ①工业工程—研究—中国
②制造工程—信息化—研究—中国 IV. ①F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 112894 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张敬柱 马晋 责任编辑:赵磊磊

版式设计:张世琴 责任校对:张玉琴

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 21.25 印张 · 1 插页 · 410 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-35041-5

定价:48.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

我国已经成为名副其实的制造大国，但还不是制造强国。我国的制造业管理水平与西方发达国家还存在较大差距，主要体现在资源利用率低、质量效益不高、信息化水平低等方面，自主品牌产品创新能力等亟待增强和提高。因此，全面提升企业管理水平，加快以信息化为主的技术改造，是我国产业界的紧迫任务，也是走新型工业化道路、打造制造业强国的关键所在。事实上，我们从国家层面引导，企业从自我发展需求出发，都在探索企业管理竞争力提高的途径。早期的 CIMS 工程，后来的 ERP 及信息化科技工程，都以信息技术为手段提高企业产品开发和管理效益。客观地说，产品开发的效果较好，但生产管理效益不甚理想。尽管引进开发发达国家的 ERP 等成熟软件，但很难奏效，凡此种种，给信息化科技工作者和许多企业家带来了很大的困扰。

仔细考察工业化国家的工业化发展历程和我国工业化现状及历程，不难看出是有很大的不同，但也会有相同之处。美国是在 20 世纪初开发的工业工程 (Industrial Engineering, 简称 IE)，为企业效益能力的提高奠定了良好的基础，到 20 世纪 90 年代使用 IT 技术，效益明显。20 世纪末，美国产业界又以信息化作为制造企业管理现代化的突破口，以工业工程兼收并蓄微电子和计算机发展成果，创造出计算机集成制造 (Computer Integrated Manufacturing Systems, 简称 CIMS)、MRP II (Materials Require Planning)、ERP、敏捷制造 (Agile Manufacturing) 等信息化工程模式，大幅度地提高了企业管理效率，引领了现代企业管理及信息化改造潮流。确切地说，美国企业是先搞 IE，后搞 IT，这也顺理成章。

制造业信息化是制造企业在生产经营、管理决策、研究开发、市场销售等各个方面应用信息技术和现代管理技术，从整体上优化企业运营管理活动的动态发展过程。制造业信息化技术集成运用了电子信息、自动控制、现代管理与生产制造等多项先进技术，能够有效推动企业的设计方法、工具和过程、生产过程和装备、管理方法以及服务手段的数字化、自动化、智能化和网络化，同步调控物流、资金流、信息流，促进产品设计的创新、企业管理模式的创新和企业间协作关系的创新，实现企业各种资源的优化配置和各类活动的最优运行，提高产品质量和劳动生产率，从而大大增强企业竞争力。

我国企业是 IE 还没搞, 就搞 IT 管理, 不具备实现的条件和基础, 因而效益不佳。也可以说, 我国的企业信息化工程的路线应是 IE + IT。本书正是根据作者多年的研究经验和大量国内外企业案例的研究, 介绍了我国企业如何在企业管理创新中实现 IE + IT, 来提高企业竞争力。

本书面向我国制造业信息化工程, 基于工业工程、计算机工程、管理科学等理论及方法, 提出 IE + IT 理论及创新技术支撑体系。在简要介绍现代工业工程技术和制造业信息化工程现状的基础上, 提出制造业信息化工程匹配理论, 建立企业管理系统与信息系统匹配度诊断模型, 详细阐述了管理成熟度、软件适宜度、管理系统与软件系统匹配度诊断过程及方法, 并介绍了企业信息化项目实施过程的启动、计划、实施、控制、收尾五个阶段, 提出信息化工程效益、企业 IT 能力、信息化工程融合水平三种后评价方法, 最后进行了实例分析。全部内容不仅为制造业信息化工程项目全过程管理提供了理论依据和方法支撑, 而且为信息化工程项目可行性分析提供了以评价为主要手段的多级量化诊断模型及工具, 对提高信息化项目实施成功率, 准确评测信息系统运行状况, 提升企业运营管理效率具有重要意义。

诚然, 制造业信息化工程是一个相当复杂的系统工程, 而且在我国复杂的环境下, 存在多种问题和影响因素, 很难考虑全面, 加之作者水平有限, 书中难免会有很多缺陷与不足, 诚恳希望同仁给予批评指正。

在此, 对在本书写作过程中给予帮助的李钢、杨道箭、刘亮、尹睿智、王杰克、张波、王娜、胡冰等老师和同学表示感谢。

著 者

目 录

前言

第一章 制造业信息化工程

IE + IT	1
1.1 IE + IT 的背景	1
1.1.1 IE + IT 的历史背景	2
1.1.2 IE + IT 的时代背景	2
1.1.3 IE + IT 的现实背景	4
1.2 IE + IT 实现两化融合	6
1.2.1 工业化简介	7
1.2.2 信息化简介	11
1.2.3 信息化与工业化的关系 研究	14
1.2.4 信息化与工业化融合	15
1.3 IE + IT 主要研究内容 概述	17
1.3.1 IE 与 IT 关系分析	17
1.3.2 IE + IT 理论体系	21
1.3.3 IE + IT 影响因素	23
1.4 IE + IT 创新技术支撑服务 体系	26
1.4.1 面向离散制造企业管理技术 创新方法体系	26
1.4.2 调查诊断	27
1.4.3 分析测评	33
1.4.4 优化改善	40
1.4.5 效益评价	43
第二章 工业工程概述	45
2.1 工业工程的产生及其 发展历史	45
2.1.1 工业工程发展动因	45
2.1.2 工业工程发展简史	46
2.2 工业工程的基本理论	51

2.2.1 工业工程的概念	51
2.2.2 工业工程的特征	53
2.2.3 工业工程意识	55
2.2.4 工业工程的功能与内容	59
2.3 现代工业工程的三大技术 体系	61
2.3.1 工业工程学科体系	61
2.3.2 规划设计类	64
2.3.3 管理控制类	80
2.3.4 分析评价类	93
2.4 现代工业工程发展趋势	107
2.4.1 工业工程在企业信息化中的 带动作用	108
2.4.2 工业工程在企业信息化中的 基础作用	109
2.4.3 现代制造环境下的效率 工程	111
2.4.4 工作研究方法的信息化	112
第三章 制造业信息化工程现状 分析	115
3.1 制造业信息化内涵与发展 趋势	115
3.1.1 信息与信息化	115
3.1.2 制造业信息化内涵	118
3.1.3 我国制造业信息化发展 状况	118
3.1.4 国内外信息化发展指数的 比较分析	122
3.2 制造业信息系统介绍	127
3.2.1 ERP	127
3.2.2 PDM	131

3.2.3 APS	134	4.4.4 基于精益生产的管理改善 步骤	197
3.2.4 CRM	140		
3.2.5 SCM	145	第五章 企业管理系统与信息系统 匹配度诊断	201
3.3 我国制造业信息化工程存 在的问题	149	5.1 管理成熟度诊断	201
3.3.1 制造业信息系统应用问题 概述	149	5.1.1 管理成熟度诊断综述	201
3.3.2 制造业信息系统应用问题的 分析	154	5.1.2 企业组织结构评价	203
第四章 信息化工程匹配理论及 诊断模型	157	5.1.3 生产管理评价	203
4.1 管理系统与信息系统互动 发展规律	157	5.1.4 营销管理评价	206
4.1.1 管理实践发展过程及 规律	157	5.1.5 人力资源管理评价	207
4.1.2 信息系统发展过程及 动因	158	5.1.6 财务管理评价	208
4.1.3 信息系统与管理系统发展 过程对比分析	160	5.1.7 研发管理评价	210
4.2 信息系统与管理系统匹配 理论	164	5.1.8 企业信息化基础评价	211
4.2.1 两化融合过程及管理 提升	164	5.2 软件层诊断	211
4.2.2 匹配理论的内涵	166	5.2.1 软件层诊断综述	211
4.2.3 匹配度改进路径	170	5.2.2 软件分类选择	212
4.3 管理系统与信息系统匹 配度诊断模型	173	5.2.3 软件适宜度诊断	215
4.3.1 诊断的必要性及特征	173	5.2.4 系统功能评价	217
4.3.2 信息化工程诊断模型	176	5.2.5 系统技术评价	218
4.3.3 综合评价方法	182	5.2.6 供应商评价	219
4.3.4 信息化工程诊断模型的 作用	187	5.2.7 项目投资评价	220
4.4 管理改善	189	5.3 系统匹配度诊断	220
4.4.1 管理改善综述	189	5.3.1 系统匹配度诊断综述	220
4.4.2 企业管理基础的等级 划分	190	5.3.2 综合管理评价	227
4.4.3 管理改善方法	191	5.3.3 采购管理评价	230
		5.3.4 库存管理评价	231
		5.3.5 销售管理评价	232
		5.3.6 生产运作评价	234
		5.3.7 人力资源评价	236
		5.3.8 财务管理评价	237
		5.3.9 供应链管理评价	238
		5.3.10 研发管理评价	239
		第六章 企业信息化项目实施过程 管理	241
		6.1 项目管理与信息化项目 管理	241
		6.1.1 项目管理主要内容及	

特征	241	类型	278
6.1.2 信息化项目管理体系及其特征	242	6.5.2 信息化项目控制的原则	279
6.1.3 信息化项目生命周期管理过程	243	6.5.3 信息化项目进度控制	279
6.2 信息化项目启动管理	244	6.5.4 信息化项目成本控制	282
6.2.1 信息化项目实施背景	245	6.5.5 信息化项目质量控制	284
6.2.2 信息化项目需求分析	246	6.6 信息化项目收尾管理	287
6.2.3 信息化项目范围界定	247	6.6.1 信息化项目收尾管理综述	287
6.2.4 信息化项目成本预算	247	6.6.2 信息化项目的验收	288
6.2.5 信息化项目综合诊断	249	6.6.3 信息化项目的移交与清算	290
6.2.6 信息化项目风险管理及控制	250	6.6.4 信息化项目的后评价	292
6.3 信息化项目计划管理	253	第七章 信息化工程后评价	293
6.3.1 信息化项目系统选型	253	7.1 信息化项目后评价概述	293
6.3.2 信息化项目实施方的确定	257	7.2 信息化工程效益后评价	293
6.3.3 信息化项目实施团队的组建	258	7.2.1 综合经济效益	293
6.3.4 信息化项目人力资源的管理	260	7.2.2 企业管理提升	296
6.3.5 信息化项目实施方案的制定	262	7.3 信息化工程 IT 能力后评价	300
6.4 信息化项目实施管理	263	7.3.1 企业 IT 能力及构成要素	300
6.4.1 信息化项目实施的工具与技术	263	7.3.2 IT 能力后评价要素	302
6.4.2 信息化项目实施的数据准备	264	7.4 信息化工程融合水平后评价	308
6.4.3 信息化项目实施过程的管理改善	267	7.4.1 信息化工程两化融合	308
6.4.4 信息化项目的系统二次开发	267	7.4.2 融合水平后评价指标体系	309
6.4.5 信息化项目进度与费用的跟踪	270	第八章 应用案例分析	314
6.4.6 信息化项目进度管理	273	8.1 项目概述	314
6.4.7 信息化项目费用管理	275	8.2 管理成熟度评价	315
6.5 信息化项目控制管理	277	8.3 软件适宜度评价	316
6.5.1 信息化项目控制的形式与		8.4 系统匹配度评价	318
		8.5 项目实施过程控制	323
		8.6 信息化项目后评价	325
		8.7 结论	325
		参考文献	327

第一章 制造业信息化工程 IE + IT

1.1 IE + IT 的背景

自 18 世纪英国产业革命以后,工业化事实上已构成了各国经济增长的主体。作为经济发展的历史阶段,工业化不仅表现为一个国家由落后农业国变为先进工业国的过程,而且还包含着生产力的提升、经济增长量的扩张和经济发展的质的变化。

第二次世界大战之后,日本在科技落后于欧美的情况之下,把主要精力投入到制造业的更新改造之中。在大量引进数控设备、机器人、柔性制造、精密制造等技术的条件下,使日本在机床、机器人、汽车、办公和家电用品等方面占据全球性优势。到 20 世纪 90 年代初,日本的人均 GDP 已经超过美国,其提出的精益生产、全面质量管理等生产理念也在全球获得推广。

20 世纪 80 年代中后期,美国麻省理工学院的学者们对美国、西欧和东亚国家的制造部门进行调查后完成的《美国制造业的衰退及对策——夺回生产优势》一书指出:“振兴美国的经济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”。

从世界主要工业国来看,在企业生产力的构成中,制造技术的作用一般占到了 55% ~ 65%。亚洲四小龙的崛起,在很大程度上是因为他们重视制造技术。西方发达国家和新兴经济体的现代化实践已经证明,制造业是一个国家国民经济的发动机,直接制约着国民经济的发展水平及参与国际竞争的能力。

随着计算机、通信、互联网技术的广泛应用,西方国家的信息化从 CAD、MRP 等单元应用起步,发展到了虚拟制造、网络制造、电子商务、SCM、CRM、ERP 等。我国的信息化进程也取得了巨大的进步。信息化的应用改变了传统制造业的业务流程和工作方法,所以制造业信息化是 21 世纪制造业发展的必然趋势。

在经济全球化的今天,工业化和信息化已经相互交织在一起,互相扭结,密不可分。如何促进信息化和工业化相互融合,建立科学的“两化融合”发展体系是这个时代的课题,而“IE + IT”正是实现“两化融合”的有效工具,是解决两化融合过程中面临的重重困难的利器神兵。

1.1.1 IE + IT 的历史背景

经过多年发展，人类社会文明走过了三个阶段，并与之相对应产生了三种文明形态。第一个阶段为农业阶段，从约 1 万年前开始，形成了农业文明；第二阶段为工业阶段，从 17 世纪末开始，形成了工业文明；第三阶段为信息化（或者服务业）阶段，从 20 世纪 50 年代后期开始，根据托夫勒《第三次浪潮》的描述，形成了信息文明。

农业阶段解决了人类的生存问题，农业向社会提供粮食等基本生活需要的商品生产。同时，农业的发展还为农业文明向工业文明发展奠定了基础。在农业文明向工业文明转型的进程中，农业提供了产品、资本、市场、劳动力等。如果农业仅停顿于提供衣食住行等所需农产品的功能，而不能向提供资本、市场和劳动力的功能拓展，工业文明就不可能出现。

工业阶段通过机械代替手工，机械力代替自然力，实现产品的大规模工业化生产，大幅度提高了人类的生活品质。同时，工业的发展还为信息文明奠定了坚实的物质基础。信息文明所需要的信息接收装备、信息传输装备、信息处理装备皆由工业所提供。如果没有先进工业的发展，信息文明就不可能出现。

20 世纪后期，伴随着信息通信技术在世界范围内的广泛应用，人类开始步入信息文明。信息通信技术通过与社会相融合，将信息化贯穿了人类生活的方方面面，全面促进了人类社会的变革。信息通信技术通过信息化这种表现形式，解决了信息与知识的规模化生产和消费问题。同时，以信息化为标志的信息文明与农业化、工业化并不相互排斥，他们之间是相互渗透、相互融合的关系。信息化与农业化相融合，实现了农业生产的专家系统、农民培训等功能。信息化与工业化相融合，提高了研发、生产、管理效率，实现了工业的快速发展，在某些工业后发国家还能实现工业的跨越式发展。

农业化、工业化、信息化的出现，都是对人类社会的一次全面的变革，改变了原有的产业结构、生产方式、经济体系、组织体系、社会形态以及生活方式，推动社会全面转型和进步。农业化导致了以农业为主体的农业社会的建立，工业化导致了以制造业为主体的工业社会的建立。当今，信息化浪潮正席卷全球，信息化利用现代信息通信技术对信息及知识的生产和传播进行了全面的改造，导致了农业、工业、服务业、社会、个人等人类社会方方面面的深刻变革，从而推动了工业社会向信息社会转型的过程，促使人类文明步入信息文明阶段。

1.1.2 IE + IT 的时代背景

进入 21 世纪以来，制造业的发展模式正在发生深刻的变化，呈现出全球化、专业化、服务化的特点。

1. 全球化

全球经济一体化及信息网络化,使制造企业突破传统车间-企业-社会-国家的界限,在全球范围内优化配置资源,融入全球产业链,参与全球协作和市场竞争。世界各国的制造企业在全球化的背景下相互渗透,呈现出国内市场国际化的趋势,每个制造企业都在全球化的分工与协作的背景下,寻找自己的独特定位与价值。

例如,空客 A380 分布在四国五地的研制生产基地实现了信息共享与研制流程协同,以及 30 个国家的 1500 家零部件生产商和供应商之间的网络协同。洛克希德·马丁公司在联合攻击战斗机(JSF)研制过程中,建立了全球 30 个国家、50 家公司、50000 用户参与研发的数字化集成协同环境,充分发挥各合作伙伴的优势能力,使设计时间减少了 50%,制造时间减少了 66%,备件减少了 50%。

2. 专业化

制造企业从“大而全”向“专而精”方向发展,充分发挥自身的核心竞争力,利用自身掌握的优势资源,实现利润和附加值最大化;同时,将非核心业务专业化外包,实现成本的最小化。每个制造企业都在价值链中寻找适合自身定位、能够实现自身价值增值最大的环节。

3. 服务化

发达国家已基本实现工业化,制造业正加快从生产型制造向服务型制造转型,制造业与服务业的融合发展已成为全球制造业发展的大趋势。例如,美国 GE 公司不仅生产和销售飞机引擎,还配备先进的诊断系统,建立了完善的后勤保障系统和快捷的维修体系。通过诊断系统可以及时发现与飞机引擎相关的问题,维修人员可以在飞机到达以前准备好所需的零部件,确保飞机引擎能在飞行过程中正常运行。传统制造仅占其产值总量的 30% 左右,70% 的业务是由与其主业密切关联的“技术+管理+服务”构成。

工业化以来,世界环境正在经历极其复杂的变化,如能源枯竭、温室效应、冰川消融、气温升高、天气恶劣等,越来越多地影响人类生活。工业是造成这些影响的主要原因,尤其是重工业的影响更为严重。工业生产过程中不仅消耗大量的电力、石油、天然气等能源,而且还排放大量的二氧化碳等废气和有毒物质。工业发展与能源消耗和气候变化之间的关系,正在被世界越来越多的人所关注。

利用信息技术可以促进工业领域的节能减排,减少资源消耗和环境污染。信息技术应用于研发设计过程,可以减少图样的使用;应用于生产制造过程,可以合理安排物料投入,实现精细生产,控制生产能耗,甚至达到虚拟生产;应用于经营管理,可以实现资源的高效整合利用;应用于基础设施,可以通过加强设备有效管理,减少装备在生产中废水、废气、废物的排放;应用于工业产品,可以

加强产品的数字化、智能化,减少产品自身能耗,从而促进节能减排。

2008 年,全球电子可持续发展倡议组织公布了《节能化 2020 年:在信息时代推动低碳经济》报告。报告认为:如果将信息通信技术充分用于节能减排,那么在 2020 年全球温室气体排放量可能比不充分采用该技术减少 15%。该报告还提出:如果从现在开始充分借助信息通信技术进行技术改造,提高工业设备的能源使用效率,那么全球到 2020 年有望减少 9.7 亿吨二氧化碳排放,所节约能源的价值达 1072 亿美元。联合国副秘书长、联合国环境规划署执行主任阿希姆·施泰纳提出:“这一评估表明,全球可以实现绿色经济,实现向低碳经济的转变”。

近十多年来,国际金融危机频发,造成工业增长明显放缓,下行压力加大,大批中小企业陷入困境,大企业受到重创。2008 年金融危机对全球经济产生了深远影响,各国纷纷提出“IT 救市”计划,希望通过信息技术,促使工业企业管理更加精细化、成本更加集约化,实现调整产业结构、加快新兴产业发展。

例如,2009 年 1 月,美国信息技术与创新基金(ITIF)推出一项刺激计划——恢复经济的数字之路。认为在信息基础设施——美国的数字基础设施领域进行投资,将对振兴美国经济具有非常重要的意义,将增加就业机会、提高工业领域的生产率和激励创新。欧盟委员会于 2009 年 1 月提出了一项立法建议,在 2009—2010 年两年间,拿出大约 10 亿欧元重点发展欧盟成员国偏远地区的互联网基础设施,通过投资宽带互联网基础设施建设,以帮助推动欧盟经济复苏。而早在 2008 年 10 月,法国就发布了《2012 年数字法国》五年计划,提出希望在当前全球经济萎缩的窘境下,推动信息化社会建设,强化法国的国家 ICT 竞争力,借以推动法国工业经济发展。

1.1.3 IE + IT 的现实背景

从中国工业化进程来看,推动国家工业化,实现国家富强,百余年前就已成为中华民族的共同目标。从清末的洋务运动到民国的实业救国,都渴望改变中国几千年农耕经济格局,赶上世界发展的步伐。新中国成立后建起了基本工业体系,从“一五”计划开始,经过半个世纪奋斗,把一个落后农业大国建设成为拥有独立的、比较完整的工业体系和国民经济体系的国家。

改革开放三十多年来,我国制造业获得了长足发展,从全球来看,中国制造业的国际地位迅速提升。1980 年中国制造业增加值仅占世界的 1.5%,处在世界制造业 10 强之外。1990 年,中国制造业增加值位居发展中国家和地区之首,排名全球第 8 位。而在 2000 年,中国制造业增加值占全球比重达 7.0%,仅次于美国、日本和德国,在世界 10 强中排名第 4 位。随着中国加入 WTO 和经济全球化,中国正在成为世界制造业中心,有专家预言,在未来几年,中国内地将成为

全球 OEM 生产基地。目前从规模上,我国已成为全球第二制造大国,许多制造业产品的产量位居世界第一,华为、联想、海尔等一批最优秀的大型制造企业已经走出国门,发展成为世界级的制造企业。“中国制造”享誉全球。

但是,我国还不是制造业强国。我国制造业被挤压到价值链的低端,在迅速发展的过程中,产生了诸多复杂的问题。这些问题在 2008 年下半年开始的全球金融危机之下,日益凸现出来,演化为实体经济危机。当前,我国制造业面临着以下严峻挑战:

我国绝大多数制造企业均属于生产型制造企业,产品以低端为主,附加价值不高,处于产业价值链的中低端。目前,我国制造业的增值率仅为 26.23%,比美国、日本及德国分别低 22%、22% 和 11%,出口的主要是劳动密集型和技术含量低的产品,进口的是高新技术产品,核心技术受制于人,例如高端的芯片、工程机械的液压系统等。

中小企业普遍缺乏高技术、资金、人才和资源等,产品研发和技术创新能力弱,管理水平落后,持续发展及抵御风险能力较差。

我国的制造业能源消耗大,污染严重,制造业的能耗占全国一次能耗的 63%,单位产品的能耗高出国际水平 20%~30%。

由于核心技术的缺失,造成我国制造业产品的同质化,从而在许多制造行业形成无序竞争,导致很多行业的利润率低下,甚至出现全行业亏损的局面。

我国制造业对出口的依存度过高,已超过 60%。因而,国际金融危机引发的购买力下降,对我国制造业的发展造成巨大影响。2009 年以来,我国制造业的出口一直呈现同比下降趋势。

我国制造业当前面临的严峻挑战表明,我国的低技术工业化发展模式已经走到了尽头,中国制造企业急需进行转型与升级,提高企业的盈利能力与核心竞争力,简而言之就是实现增效。而如何实现增效,成为我国制造企业亟待解决的共性问题。

新型工业化是解决这一问题的有效途径,是一种具有特殊要求的工业化,在西方发达国家知识经济已见端倪,而工业化尚属中期的中国,在特定时期、特定情况下提出的实现工业化的路子,其本质仍是工业化。新型工业化的特殊要求使其更需要有强大的技术支持。因此,技术进步应该成为新兴工业化的强劲动力。

2002 年,中国共产党的十六大报告提出:“坚持以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化路子”。“十五”期间,中国政府启动了总投资为上百亿元的制造业信息化重大专项,大力推进制造业信息化关键技术攻关、技术服务体系建设和企业应用示范工程。

2007 年,中国共产党的十七大报告中进一步指出:“全面认识工业化、信

息化、城镇化、市场化、国际化深入发展的新形势新任务”，“大力推进信息化与工业化融合，促进工业由大变强”。从“信息化带动工业化”到“两化融合”，这成为中国经济社会发展的新战略，也是中国工业化的国家战略。十七大报告强调加快转变经济发展方式，推动产业结构优化升级，坚持走中国特色新型工业化道路，坚持扩大国内需求特别是消费需求的方针，促进经济增长由主要依靠投资、出口拉动向依靠消费、投资、出口协调拉动转变，由主要依靠第二产业带动向依靠第一、第二、第三产业协同带动转变，由主要依靠增加物质资源消耗向主要依靠科技进步、劳动者素质提高、管理创新转变。以“科学发展观”促进“国民经济又好又快发展”，为新型工业化指明了方向。“十一五”期间，中国政府也再次提出“制造业信息化科技工程”这一重大专项，明确提出要实施两甩，即“甩账本、甩图表”，以期进一步推动信息化与工业化的融合发展。

我国适时地提出信息化和工业化融合，主要抓住了两个重点：一个重点是利用信息化提升我国工业竞争能力，实现工业快速发展；另一个重点是大力发展工业化，为我国进入后工业社会奠定基础。

从整体上讲，中国的工业化水平与发达国家存在明显差距，当前面临着诸多严峻问题。特别是我国经济发展到现阶段，传统的经济发展方式已经出现瓶颈，依靠低廉资源、劳动力优势、以出口为导向的经济发展模式已到了不得不改变的时候。经济转型和结构升级，即由以前的资本、劳动力拉动为主向以技术进步拉动为主转变，已经迫在眉睫。信息技术是当代技术中的主导技术，充分应用信息技术，将信息化手段应用于工业生产，成为拉动我国工业发展，提升我国工业竞争水平的必然选择。

信息化与工业化融合为我国跨入后工业社会奠定基础。首先，在推进两化融合的过程中，工业企业将产生大量的信息基础设施及信息技术应用需求，这些需求会带动全国信息基础设施建设和信息技术应用发展。其次，信息技术提升了工业设计制造技术的水平，使得高性能信息化装备的研发生产成为可能。第三，两化融合提升了工业企业的效率，行业更加细分，一些专为工业企业服务的生产性服务行业应运而生，成为后工业社会发展的基础条件之一。

1.2 IE + IT 实现两化融合

我国制造业在较低的劳动成本、较强的柔性生产能力和广阔的消费市场等几大因素的推动下，已成为全球同行业增长最快的区域，国际竞争力不断提高，正在朝“中国创造”迈进。然而，我国的制造业管理水平与西方发达国家还存在较大差距，体现在资源利用率低、质量效益不高、信息化水平低等多方面。因

此,全面提高管理水平,加快现有企业以信息化为主的技术改造,是我国产业界的紧迫任务,同时也是落实“信息化带动工业化,工业化促进信息化”战略,走新型工业化道路的关键所在。工业工程(Industrial Engineering,简称IE)作为一门具有较好适应性、系统性、综合性的管理方法论和工程技术的综合体,对提高企业整体的系统素质、综合创新能力乃至国际竞争力具有不可替代的重要作用。事实上,西方工业发达国家在工业化初期就开展了IE活动,为后来的信息化奠定了良好基础,其实质就是“IE+IT”。可见,工业工程和企业信息化是制造业企业和整个产业经济迈向“中国创造”、赢得竞争优势的两种最有效的手段。我国企业在信息化项目中如何运用工业工程技术,形成工业工程与信息化的集成创新,对我国制造业发展具有重大意义。

1.2.1 工业化简介

工业化作为一个概念已经存在了上百年的时间。库兹涅茨认为,工业化就是产品的来源和资源的去处从农业活动转向非农业活动的过程。保尔·芒图认为,无论在何处,工业化意味着增加固定资本数量;意味着在技术、组织规模、农业劳动力和小手工艺工人向工厂工人转化等方面的种种变革;意味着愿意并且能够从事企业家活动的人的出现。巴格奇认为,工业化是一个过程,其基本特征是:首先,一般来说,国民收入中制造业活动或第二产业所占比例提高了;其次,在制造业或第二产业就业的劳动人口比例一般也有增加的趋势。在这两种比例增加的同时,除了暂时的中断以外,整个人口的人均收入也增加了。巴格奇这个狭义的工业化定义现在已被广泛接受。

工业化的狭义定义往往是人误以为工业化就是发展制造业或者第二产业。虽然制造业是工业最重要的组成部分,但是工业化绝不仅仅是发展第二产业。如果将工业化片面地理解为发展工业将会造成不良后果。比如:在城乡关系上,重视现有城市发展,轻视农业发展,造成城乡经济水平差距加大,从而强化二元经济结构;在资源配置上,牺牲农业发展工业,割裂了产业间的有机联系;在发展工业的过程中,片面发展大企业,从而影响市场结构合理性,不利于发挥竞争机制作用;重视技术和资金密集型企业,轻视劳力密集型产业,造成大量劳力流失,加剧失业;重视物质产品生产,轻视基础设施建设;经济运行过程中过于重视“看得见的手”,忽视“看不见的手”,造成资源配置效率低下。“工业化”在英文中与“产业化”是一个概念,即Industrialization。由工业化的英文概念可知,工业化不单单是第二产业或者制造业的产业化,同时也要发展第一和第三产业。从全球角度来看,不仅第二产业的制造业、能源业、冶金行业等向产业化方向发展,第一和第三产业的诸多行业也在朝着产业化的方向前进。只有农业、工业和服务业的协调发展,才能实现真正的工业化。

1. 传统工业化

早期发达国家的工业化一般被称为传统的工业化,这种传统工业化生产基本上是粗放型或资源消耗型的,工业化的推进建立在资源高投入的基础之上。发达国家的传统工业化道路主要是依赖从殖民地掠夺能源、原材料,倾销其产品,造成全球范围贫富两极分化,资源大量消耗和生态环境恶化,片面强调机械化与自动化,没有充分考虑机器大工业带来的人口失业等问题,导致贫富差距拉大、社会动荡不安。传统的工业化走的是一条先污染后治理的道路,早期的工业化过程一直伴随着较为突出的环境污染,直到欧美主要发达国家的工业化接近完成或完成之后,治理环境污染的问题才被真正提到议事日程上来。总之,传统工业化模式虽然使社会生产力获得了极大的发展,但也是以资源的过量消耗和环境生态的破坏为代价。传统工业化在促进经济增长的同时,也带来严重的负面效应,主要表现在模式的“非持续性”、战略的“野蛮性”。

2. 工业化对未来的影响

以麻省理工学院丹尼斯·米都斯为首的研究小组,针对长期流行于西方的高增长理论进行了深刻反思,并于1972年提交了一份研究报告《增长的极限》(The Limits to Growth),深刻阐明了环境的重要性以及资源与人口之间的基本联系。该报告认为:由于世界人口增长、粮食生产、工业发展、资源消耗和环境污染这5项基本因素的运行方式是指数增长而非线性增长,全球的增长将会因为粮食短缺和环境破坏于下世纪某个时段内达到极限,继而得出了要避免因超越地球资源极限而导致世界崩溃的最好方法是限制增长,即“零增长”。

其他相关的,还有1973年美国贝尔(D. Bell)的《后工业社会的到来》(The Coming of Post-Industrial Society),1980年托夫勒(A. Toffler)的《第三次浪潮》(The Third Wave),法国让-雅克·塞尔旺-施赖贝尔(Jean-Jacques Servan-Schreiber)的《世界面临挑战》(Le Defi Mondial),1982年奈斯比特(J. Naisbitt)的《大趋势:改变我们生活的十个新方向》(Megatrends: Ten New Directions Transforming our Lives)等。

3. 工业化阶段的划分方法

工业化是指一个国家的国民经济结构从以农业为主转化为以工业为主的经济发展过程,即农业国向工业国转化的过程。这一过程的数量表现就是工业化过程。工业化过程的数量表现就是工业化过程。通常情况下,国民收入水平、产值结构、霍夫曼系数以及就业结构等是衡量工业化水平的关键指标。

(1) 钱纳里多国模型。人均收入水平是衡量工业化水平的一个常用指标。从产出的角度理解,人均收入水平就是一国生产率水平的反映,一个国家或地区按人口平均的产出水平,是其生存和发展的基础,也是实现工业化的前提条件。著名经济学家H·钱纳里等人对工业化程度的实证研究表明:人均GDP水平与

工业化程度成正比,人均 GDP 水平越高,工业化程度越高。按照 H·钱纳里的分析,现代经济发展分为三个大的阶段,即准工业化阶段、工业化的实现阶段(包括工业化初级、中级和高级阶段)和后工业化阶段。

准工业化阶段是指经济发展初期对经济发展起主要作用的制造业部门,例如食品、皮革、纺织等部门。

工业化实施阶段是指经济发展中期对经济发展起主要作用的制造业部门,例如非金属矿产品、橡胶制品、木材加工、石油、化工、煤炭制造等部门。

后工业化阶段指在经济发展后期起主要作用的制造业部门,例如服装和日用品、印刷出版、粗钢、纸制品、金属制品和机械制造等部门。

(2) 霍夫曼比率。在工业化阶段的划分上,最为著名的当属 20 世纪 30 年代初由霍夫曼所提出的四阶段说。德国经济学家霍夫曼曾对工业化过程中的工业结构演化做过开拓性的研究工作。他根据近 20 个国家的时间系列资料,提出把消费资料工业净产值与资本资料工业净产值之比(即霍夫曼系数)作为分析工业化过程的最敏感变量,而且随着一国工业化的进展,霍夫曼系数呈现出不断下降的趋势。他紧紧抓住对这个变量的观察值,把工业化过程分为如下四个阶段:

工业化工程	霍夫曼系数
第一阶段	5(±1)
第二阶段	2.5(±1)
第三阶段	1(±0.5)
第四阶段	1 以下

根据这种分法,资本品工业相对于消费品工业的比重上升,意味着工业化的进展。于是霍夫曼系数随着工业化的深入而不断下降,就成了一条定理。简言之,工业化水平越高,重工业在国民经济中的比重将趋于扩大。也就是说,根据重工业在国民经济中所占的比重,可以判断一个国家工业化程度的高低。重工业意味着现代化大工业,较高的重工业比重标志着国家经济发展水平和经济实力。毫无疑问,欧美各国实现工业化的经验可以为新兴国家的发展提供许多有益的借鉴。发达国家的经济结构起到了明显的示范作用。对于想要独立自主地发展国民经济的国家来说,首先发展重工业,然后建立一套完整的工业体系就成了发展经济的必然程序。

(3) 配第一克拉克定理。克拉克根据配第的观点,依据若干国家一定时期劳动力在第三产业之间转移的统计资料,得出以下结论:随着人均收入水平的提高,劳动力首先是第一产业向第二产业转移,当人均收入水平进一步提高时,劳动力便由第二产业向第三产业转移。这就是配第一克拉克趋势,又称为配第一克拉克定理。

(4) 库兹涅茨“标准结构”模型。美国著名经济学家库兹涅茨等人根据农