

新编《信息、控制与系统》系列教材



北京市高等教育精品教材立项项目

Global System Design of Enterprise Informationization

企业信息化总体设计

李 清 陈禹六 编著

Li Qing Chen Yuliu



TUP

清华大学出版社



Springer

新编《信息、控制与系统》系列教材
北京市高等教育精品教材立项项目

企业信息化总体设计

李 清 陈禹六 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书沿着制造业的发展脉络,结合作者最新的理论研究成果和工程实践经验,介绍了对制造业信息化项目进行总体设计的体系结构和基本的建模、分析与设计方法,并结合对集成理念的阐述,全面介绍了企业信息化的相关技术、系统和管理理念。

本书是清华大学研究生精品建设课程“CIM系统总体设计基础”的教学参考书,也是介绍清华大学“控制科学与工程”一级学科下“企业信息化系统与工程”二级学科总体理论体系和研究方法的一本专著。

本书可以作为自动化、工业工程、机械工程、计算机工程、管理工程等相关专业的研究生和高年级本科生的教材,也可以作为实施信息化/CIMS项目的企业领导和技术人员掌握信息系统总体设计技术方法的参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

企业信息化总体设计/李清,陈禹六编著. —北京:清华大学出版社,2004.8

(新编《信息、控制与系统》系列教材)

ISBN 7-302-08746-6

I. 企… II. ①李… ②陈… III. 信息技术—应用—企业管理—高等学校—教材 IV. F270.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 052493 号

出 版 者: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 王一玲

文稿编辑: 魏艳春

印 装 者: 清华大学印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 175×245 印张: 25.25 字数: 515 千字

版 次: 2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08746-6/TP·6237

印 数: 1~3000

定 价: 35.00 元(含光盘)

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

新编《信息、控制与系统》系列教材

出版说明

信息、控制与系统学科是在 20 世纪上半叶形成和发展起来的一门新兴技术科学。在人类探索自然和实现现代化的进程中,信息、控制与系统学科的理论、方法和技术始终起着重要的和基础的作用。基于信息、控制与系统科学的自动化的发展和应用水平在一定意义上是一个国家和社会的现代化程度的重要标志之一。本系列教材是关于信息、控制与系统学科所属各个领域的基本理论和前沿技术的一套高等学校系列教材。

本系列教材所涉及的范围包括信号和信息处理、模式识别、知识工程、控制理论、智能控制、过程和运动控制、传感技术、系统工程、机器人控制、工业自动化、计算机控制和仿真、网络化系统、电子技术等方面。主要读者对象为自动控制、工业自动化、计算机科学与技术、电气工程、机械工程、化工工程和热能工程等系科有关的高年级大学生和研究生,以及工作于相应领域和部门的科学工作者和工程技术人员。

10 多年前,清华大学出版社会同清华大学自动化系,曾经组编出版过一套《信息、控制与系统》系列教材,产生了较大的社会影响,其中多数著作获得过包括国家级教学成果奖和部委优秀教材奖在内的各种奖励,至今仍为国内众多院校所采用,并被广大相关领域科技人员作为进修和自学读物。我们现在组编的这套新编《信息、控制与系统》系列教材,从一定意义上说,就是先前那套教材的延伸和发展,以反映近些年来学科的发展和在科学研究与教学实践上的新成果和新进展,以适应当前科技发展和教学改革的新形势和新需要。列入这套新编系列教材中的著作,大多是清华大学自动化系开设的课程中经过较长教学实践而形成的,既有多年教学经验和教学改革基础上的新编著的教材,也有部分原系列教材的更新和修订版本。这套新编系列教材总体上仍将保持原系列教材求新与求实的风格,力求反映所属领域的基本理论和新近进展,力求做到学科先进性和教学适用性统一。需要说明的是,此前我们曾以《信息技术丛书》为名组编这套教材,并已出版了若干种著作。现为使“书”和“名”更为相符,这些已出版的著作将在重印或再版时列入这套新编系列教材。

我们希望,这套新编系列教材,既能为在校大学生和研究生的学习提供内容先进、论述系统和教学适用的教材或参考书,也能为广大科学工作者与工程技术人员的知识更新与继续学习提供适合的和有价值的进修或自学读物。我们同时要感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持,并热忱欢迎提出批评和意见。

新编《信息、控制与系统》系列教材编委会

2002 年 6 月

新编《信息、控制与系统》系列教材编委会

顾	问	李衍达	吴 澄	边肇祺	王桂增	
主	编	郑大钟				
编	委	徐文立	王 雄	萧德云	杨士元	肖田元
		张贤达	周东华	钟宜生	张长水	王书宁
		范玉顺	蔡鸿程			
责任编辑		王一玲				

前 言

信息技术在我国国民经济领域正发挥着越来越重要的作用,信息化极大地推动着我国工业化和现代化的进程。从政府部门到企业领导都注意到信息技术革命所带来的机遇和挑战,利用信息技术改造传统产业,信息化带动工业化是我国工业界和学术界的共识。我国要尽快完成工业化进程,全面提升我国企业的国际竞争能力。政府部门要更好地实现监管并提高响应能力,为国民提供良好的管理服务,甚至成功地举办奥运会,都离不开信息技术和信息化进程。

绝大多数信息化项目是企业信息化项目,而现代集成制造(CIM)是企业信息化的主体。经过十多年的研究和工程实践,在国家“863”计划 CIMS 主题的推动下,CIM 理念和相关使能技术已经有了长足的发展,并在工程实践过程中发挥了巨大的作用,取得了良好的经济和社会效益。

但是,信息化本身不是一个纯粹的技术问题,它涉及管理、组织、经营、人的因素等方方面面,面对的对象是企业、行业、政府、区域这样的复杂巨型系统的管理问题,管理因素和人的因素成为影响信息化项目是否能够成功并取得实效的主要因素。为了全面地处理与信息化有关的各种因素,从总体上把握信息化进程,需要一种总体技术的支持,这就是国内外学者一直在研究的系统体系结构、方法论和总体设计技术。

本书作者在集成系统体系结构、实施方法论、企业建模和先进制造业运行模式等领域进行了长期的理论研究,并在我国第一个 CIMS 应用示范工程“成都飞机公司 CIMS 工程”、我国第一个行业 CIMS 工程“航空 CIMS 工程”以及船舶两大集团的行业 CIMS 等多个国家重点项目中进行了积极的工程实践,为这些项目取得成功做出了贡献,积累了大量的工程经验。从对信息化的理论认识上讲,制造业企业实现信息化的主要内容是利用信息技术实现系统集成,所以本书中有些地方是把“实施 CIMS”和“实现信息化”作为可以替换的一个词汇。

本书沿着制造业的发展脉络,结合作者最新的理论研究成果和工程实践经验,介绍了对制造业信息化项目进行总体设计的体系结构和基本的建模、分析与设计方法,并结合集成理念的阐述,全面介绍了企业信息化的相关技术、系统和管理理念。本书是清华大学研究生精品建设课程“CIM 系统总体设计基础”的教学参考书,也是介绍清华大学“控制科学与工程”一级学科下“企业信息化系统与工程”二级学科总体理论体系和研究方法的一本专著。本书可以作为自动化、工业工程、机械工程、计算机工程、管理工程等相关专业的研究生和高年级本科生的教材,也可以作为实施信息化/CIMS 项目的企业领导和技术人员掌握信息系统总体设计技术方法的参考书。

作 者

2003 年 10 月于清华园

目 录

第 1 章 制造业面临的挑战	1
1.1 制造业及信息化	1
1.2 制造业竞争要素的变迁及发展趋势	2
1.2.1 并行制造	4
1.2.2 人和技术资源的集成	7
1.2.3 从信息到知识的转换	9
1.2.4 与环境的兼容	11
1.2.5 可重组的企业	13
1.2.6 工艺创新	14
1.3 系统集成理念及其发展历程	16
思考题	21
第 2 章 集成系统体系结构	22
2.1 为什么需要体系结构	22
2.2 国际上具有影响力的体系结构	24
2.2.1 CIM 开放系统体系结构	24
2.2.2 GIM 和 IMPACS	25
2.2.3 普渡企业参考体系结构	26
2.2.4 集成的信息系统体系结构	27
2.2.5 Zachman 体系	31
2.2.6 通用企业参考体系结构与方法论	32
2.2.7 阶梯形 CIM 系统体系结构	33
2.2.8 体系结构基本属性的分析	35
2.3 通用集成系统参考体系结构	37
2.4 视图描述方法与企业建模方法族	44
思考题	55
第 3 章 集成的功能	56
3.1 功能建模方法 IDEF0	56
3.1.1 IDEF0 的语法语义	56

3.1.2	IDEF0 的工作方法	60
3.2	集成系统的功能构建	63
3.2.1	管理信息系统	64
3.2.2	工程设计系统	69
3.2.3	质量保证系统	73
3.2.4	制造自动化系统	76
3.2.5	应用系统集成	77
思考题		81
第 4 章	集成的信息	82
4.1	信息建模方法 IDEF1x	82
4.1.1	IDEF1x 的语法和语义	82
4.1.2	建模步骤	86
4.1.3	遍历步骤	92
4.2	面向对象的信息建模方法——UML 类图	93
4.3	网络与数据库技术	99
4.4	数据交换技术与标准	104
4.5	信息和信息系统安全	107
4.6	信息集成	108
思考题		113
第 5 章	集成的资源	114
5.1	企业资源与资源建模方法	114
5.1.1	资源模型的基础结构	115
5.1.2	资源模型的分析方法	119
5.2	人力资源的有效利用与人因分析	126
5.2.1	个体人因的影响	127
5.2.2	组织的影响	130
5.2.3	企业文化的影响	133
5.3	资源计划方法与资源计划系统	135
5.3.1	企业计划体系	136
5.3.2	生产大纲的制定	137
5.3.3	物料需求计划	140
5.3.4	制造资源计划和企业资源计划	143
思考题		150

第 6 章 集成的经营过程	151
6.1 什么是经营过程	151
6.2 过程建模方法 1——IDEF3 过程描述获取方法	151
6.2.1 过程流程图	153
6.2.2 IDEF3 的基本元素	155
6.2.3 对象状态转换网图	156
6.3 过程建模方法 2——ARIS 经营过程建模	159
6.4 过程建模方法 3——角色活动图	161
6.5 过程建模方法 4——甘特图和 PERT 技术	164
6.6 过程集成	167
6.7 并行工程	171
6.8 供应链管理、客户关系管理与电子商务	175
6.8.1 供应链与供应链管理	175
6.8.2 客户关系管理	180
6.8.3 电子商务	184
6.9 工作流与工作流管理	186
6.10 经营过程重构	193
思考题	205
第 7 章 集成的组织与企业组织运行模式	206
7.1 组织与组织建模分析方法	206
7.1.1 企业组织结构的几种模式	207
7.1.2 企业组织模型不同视角的层次关系	209
7.1.3 组织框图	210
7.1.4 过程组织	219
7.1.5 过程组织与组织结构的关系	222
7.1.6 组织建模和分析步骤	224
7.2 促进系统集成的组织管理模式	224
7.3 精良生产模式	227
7.3.1 精良生产的基本思想	227
7.3.2 精良生产的生产操作与对工人的要求	229
7.3.3 精良的管理	231
7.3.4 精良的设计	233
7.3.5 协作配套	234
7.3.6 用户是上帝	236

7.4 敏捷制造模式	237
7.4.1 敏捷制造的基本思想	238
7.4.2 敏捷制造企业的基本特征	241
7.4.3 实现敏捷制造的方法	244
7.4.4 “敏捷性”评价	246
7.4.5 虚拟组织与虚拟企业	253
7.5 集成产品团队组织	262
7.5.1 集成产品开发团队的概念	262
7.5.2 产品开发团队的运作原则	264
7.5.3 集成产品开发团队群的组织模式	268
7.5.4 IPT 运作过程中的关键问题	269
7.6 企业集成	272
思考题	276
第8章 集成的决策	277
8.1 决策建模方法——GRAI 方法	277
8.1.1 GRAI 格	277
8.1.2 GRAI 网	279
8.1.3 结构化进程	281
8.1.4 不一致性检查规则	283
8.2 决策支持系统	285
思考题	292
第9章 集成系统的经济分析与评价	293
9.1 集成系统的经济分析框架	293
9.2 基于活动的成本分析	296
9.2.1 建立活动模型	299
9.2.2 收集成本数据	299
9.2.3 成本数据的分类	300
9.2.4 追踪成本到活动	300
9.2.5 算例	301
9.2.6 成本分析	309
9.3 层次分析法	310
9.4 集成系统的后评价	313
9.4.1 基于竞争优势分析的企业信息化项目经济效果评价	313
9.4.2 基于关键成功因素分析的企业信息化项目综合效益评价	314

9.4.3 评价实例.....	317
思考题.....	320
第 10 章 集成系统实施指南	321
10.1 明确用户需求.....	323
10.2 可行性论证.....	324
10.3 初步设计.....	327
10.4 详细设计.....	336
10.5 工程实施.....	344
10.6 系统运行和维护.....	347
思考题.....	348
第 11 章 系统总体设计案例	349
11.1 某机械厂 CIMS 总体设计.....	349
11.2 行业 CIM 系统	369
参考文献	377
图表索引	382

第1章 制造业面临的挑战

1.1 制造业及信息化

制造业是社会经济生活的基础和主体,它和我们的日常生活休戚相关。只要是对原材料进行加工处理,生产出为用户所需要的最终产品的行业,都可以归属于“制造业(manufacturing)”。也就是说不管其加工过程是离散的还是连续的,只要它们具有相应的输入——原材料、输出——产品、组织机构以及类似的计划管理、生产控制和采购销售等,都可以归纳在制造业这一个概念之下^[1]。

“制造”这个词所涉及的活动范围包括原材料采购、订单处理、产品设计、工艺设计,经过整个生产活动的计划、调度以及产品加工、装配活动,直到销售、发货和售后服务,还包括仓库管理、财务管理、人事管理和质量保证等,总之,覆盖了一个企业的全部活动。具体从行业来讲,大至飞机、船舶、汽车制造,小到日用商品、饼干面包的生产,都属于制造业的范畴。由于这些行业在生产管理和系统集成等方面有着共性,因此都可以应用以“计算机/现代集成制造”(computer/contemporary integrated manufacturing, CIM)理念为核心的信息化来进行改造和集成,并且可以采用本书将介绍的先进的制造和管理模式。

近几年来,许多专家把信息的产生和服务的提供,都归之于“生产”和“制造”,扩大了“集成制造”理念的应用范围。由于世界市场急速变化,竞争日趋激烈,人们必然要从更大范围,或者说从全局性的“综合”或“集成”上来考虑问题和组织生产。

与制造技术发展同步,信息科学技术作为现代先进科学技术体系中的前导要素,它所引发的社会信息化迅速改变了社会的面貌及人们的生产和生活方式,对社会生活产生了巨大影响。

信息的研究包括两层含义:一是信息本身所表达的意义,即信息的内容;二是传递信息的工具,即信息载体,如符号、声音、文字、图形等。信息技术是信息的获取、传输、处理、存储、显示和应用的技术,如遥感技术、遥测技术、通信技术、计算机技术、光盘技术、各种显示终端技术等。信息技术包括信息技术的生产和应用两个方面。信息技术的生产主要体现在信息技术产业本身,包括计算机软硬件、电信设备、微电子生产等;信息技术的应用主要包括信息服务、管理信息系统以及各行各业用信息技术改造传统产业的工作等。

在信息技术系统中,微电子技术、通信技术、计算机技术和网络技术可称为信息

技术的核心,它们的发展进程体现了信息技术的发展过程。从微电子技术看,自1948年晶体管发明以后,1958年第一块集成电路的问世引发了一场微电子革命。集成电路从中小规模集成电路逐步发展到大规模、超大规模集成电路,并实现了平均每18个月集成电路芯片上集成的电子器件数翻一番,而价格却保持不变甚至下降。从通信技术和计算机技术看,从19世纪上半叶莫尔斯发明电报至20世纪下半叶初第一部程控交换机的诞生和数字程控交换机的应用,使通信技术开始向数字化发展。卫星通信、移动通信等通信技术的发展,更是进一步扩展了通信技术的应用领域。而从1946年世界上第一台笨重而庞大的、高电能消耗的计算机问世以后,随着集成电路和软件技术的发展,计算机的运算速度、存储容量和能力不断提高,其功能也从单一的计算功能发展到能处理数字、语言、图像等多种信息,应用的领域也覆盖了社会各个方面。从网络技术看,1969年美国建成了世界上第一个采用分组交换技术的计算机网络 ARPANET,虽然它仅连接了四个大学实验室,却是计算机互联网(因特网)的前身。因特网的真正起点是1986年建成的美国国家科学基金网 NSFNET,而因特网的迅速发展则是在进入商业应用的1991年以后。从电子邮件到电视会议、从因特网传真到因特网电话、从网上浏览至购物等,不仅方便了消费者,而且为企业参与全球竞争提供了有利的机会,从而带动了与因特网有关的一批新兴服务业的发展。

加入WTO以后,我国制造业面对全球市场竞争,除了要完成工业化进程外,还要面对信息化的进程。正是针对这样一种形势,我国政府提出“随着知识创新和技术创新的不断推进,物质生产与知识生产相结合,硬件制造与软件制造相结合,传统经济与信息网络技术相结合,将形成推动21世纪经济和社会发展的强大动力。”“在完成工业化的过程中注重运用信息技术提高工业化的水准,在推进信息化的过程中注重运用信息技术改造传统产业,以信息化带动工业化,发挥后发优势,努力实现技术的跨越式发展。”信息化带动工业化,使用信息技术改造传统产业,以集成制造技术为代表的信息技术将发挥重要的作用。国际市场上制造业所面临的挑战是非常激烈的,我国的企业要想真正参与国际竞争,并能够立于不败之地,出路就在于走“系统集成”之路。

1.2 制造业竞争要素的变迁及发展趋势

一个国家要发展经济提高人民生活水平,必须搞好生产。农业、林业、牧业、渔业是生产,工业中各种各样行业也都是生产,其中作为核心的,或者说起着决定性作用的则是制造业。因为它为各行各业的技术进步提供基础条件,又直接关系着人民的日常生活。所以制造业的先进与否是一个国家经济发展的重要标志,制造业的产值在多数国家的国民生产总值中占有重要比重。20世纪初,泰勒生产方式在美国汽车行业率先应用,由此开创了用大规模生产方式赢得高效率和高额利润的一个时代,

以后在很长时间里,美国的制造业在国际上一直处于领先地位,美国的经济也一直处于世界前列。但在20世纪60年代后期和70年代,美国过多地强调了服务业,对制造业的发展一度有所放松,被日本、德国迎头赶上并超过。80年代中期,美国国内才发现了这个危机,惊呼要“夺回制造业的优势”,经过几年的努力,90年代初,局势才有所扭转。这个历史教训对我国经济发展也是很有价值的。它提醒我们,必须将制造业的发展和进步放在关键的战略位置上来考虑。

从历史上来说,制造业曾经长时期以手工作坊方式运行。工业革命以后,特别是19世纪,劳动分工的概念和零件“互换性”概念提出后,生产规模逐渐扩大。基于泰勒提出的科学管理和时间研究(time study),20世纪初,福特汽车公司实现了流水生产线,开辟了大规模生产的新纪元,生产效率实现了大幅度的跃进。随着生产力的增长,物质财富越来越丰富,人们对商品的要求越来越高,对商品多样性的需求日益突出,这就使大批量的生产方式逐渐变得不适应市场竞争。市场的趋势可以用图1-1来定性地表示。就是说,市场要求产品的种类越来越多,而一种型号产品的生命周期则越来越短,同时还要求企业有善于处理批量大小任意的订单的能力,这就是所谓大规模定制生产(mass-customization production),也就是要求用大规模生产(mass production)的成本生产出满足大批用户不同个性化要求的产品。

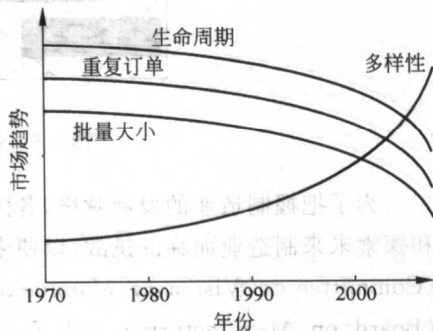


图 1-1 市场趋势

随着市场趋势的变化,制造业企业的竞争要素也发生了变迁,如图1-2所示,20世纪70年代以前,产品成本是企业竞争的的决定性因素。到70年代,各个企业开始在降低成本的同时,应用全面质量管理技术(TQM)提高产品的质量。80年代和90年代,加快产品的上市时间、为用户提供更好的服务

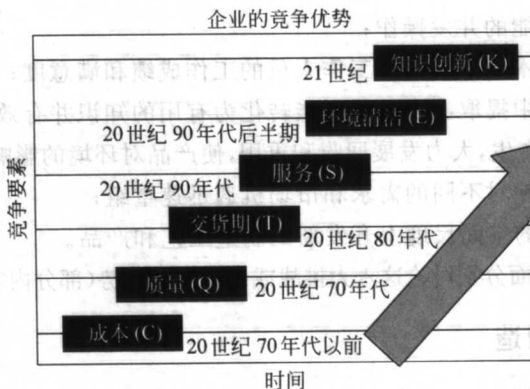


图 1-2 制造业竞争要素的变迁

成为企业提高竞争能力的焦点。而到 90 年代后半期,随着可持续发展理论的提出,用户更加注重环境的清洁性,生产企业在产品的绿色化和生产过程的无污染化方面投入了大量的精力。各国政府也通过立法和提高技术标准来减少人类生活和生产活动对自然环境的破坏。进入 21 世纪,知识创新成为取得竞争优势的新的着眼点。随着市场竞争要素的变迁,如图 1-3 所示,制造业企业采取了不同的应对策略。

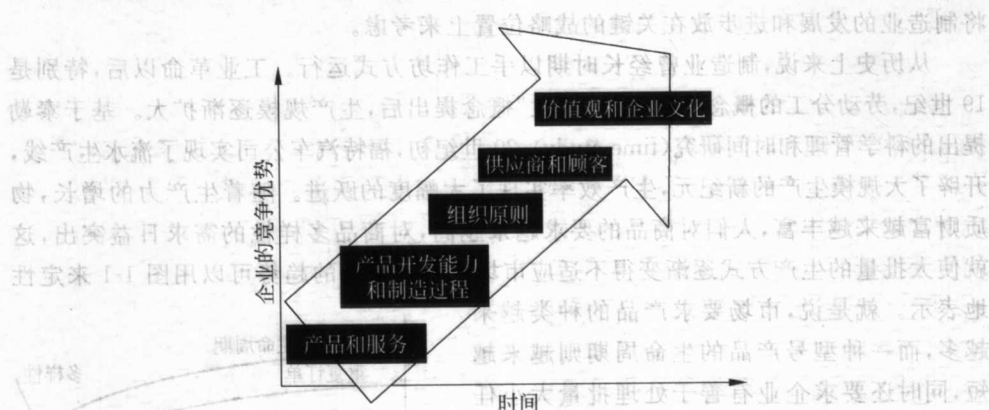


图 1-3 企业竞争优势的变化

为了把握制造业的发展脉络,各国的学者和工业界的管理人员都在不断地总结和探索未来制造业面临的挑战,以便未雨绸缪。1998 年美国制造业挑战展望委员会(Committee on Visionary Manufacturing Challenges)、制造与工程设计委员会(Board on Manufacturing and Engineering Design)、工程与技术系统委员会(Commission on Engineering and Technical Systems)以及国家研究理事会(National Research Council)联合发表了“2020 年制造业挑战的展望”(Visionary Manufacturing Challenges for 2020 (1998)),对未来制造业面临的挑战进行了深入的研究,提出了六个重大挑战,其中包括^[2]:

- (1) 实现所有可能的并发操作;
- (2) 集成人和技术资源以提高工作人员的工作成绩和满意度;
- (3) 从大量资源中提取出来的信息能转化为有用的知识并有效地支持决策;
- (4) 减少废料的产生,大力发展回收和重用,使产品对环境的影响减小到接近零;
- (5) 制造企业能针对不同的需求和市场机遇迅速重组;
- (6) 在越来越小的空间尺度上开发新的制造工艺和产品。

基于这份报告,下面分别讨论这六大挑战或者说六大趋势(部分内容摘译自该报告)。

1.2.1 并行制造

第一个发展趋势是“实现所有可能的并发操作”。并发的意思是计划、开发和执行按照并行而不是串行的方式处理。其目标是使产品规划、设计、生产和服务尽可能

并行开展,以减少市场响应时间(即“上市时间”),同时鼓励创新,并提高质量。并行制造的企业在产品设计和生产阶段就考虑针对产品的一系列支持活动,包括交货、维修和全生命周期管理(再生、重新使用或者销毁)。企业的各个部分都将网络化,持续的反馈贯穿于产品和服务的整个生命周期。

并行制造在各个组织层面上改变了成员之间的交互方式。现在常用“团队”这个词来表示成员之间的某种联系,但它不足以精确描述未来成员之间交互的形式。交互式的计算机网络会把经营活动各个方面的相关人员联系起来。人们需要新的社会关系和沟通技巧,同时,成功的企业文化将不仅仅注重专业和经验,同时强调快速有效地使用知识。

许多新的竞争压力迫使市场响应时间必须缩短,其中包括以下几个方面。

- (1) 市场机遇稍纵即逝;
- (2) 为了满足客户的个性化需求,产品的批量越来越小;
- (3) 生产技术的迅速发展导致产品更新速度加快,成本下降;
- (4) 竞争全球化。随着机遇的出现和消失,来自全球各地的竞争者将快速地进出市场。

并行制造将彻底缩短产品从概念形成到最终实现之间所需要的时间,例如:

- (1) 目前需要花6~8个月的时间才能进入市场的消费产品,将会在数星期之内直接送达客户手中;
- (2) 目前需要数年时间进行开发的大型机电一体化产品将会在数月之内投入使用;
- (3) 由于有了能够在一个月內加工出新设计产品的柔性制造设备,微处理器的设计周期将减少到每两个月一个循环;
- (4) 一旦需要的特性和配方确定下来,企业将能迅速生产出用于不同目的的人造合成材料。

并行制造是一个巨大的挑战,不仅需要先进的通信技术和生产技术去支撑产品的设计和制造,同时对制造企业的社会和文化环境提出了全新的要求,特别是对拥有多门类、多元文化且高度灵活的跨国企业。

虽然目前集成产品设计和工艺设计的方法论以及集成的产品部门已经显著地减少了市场响应时间,但即便是最先进的协作设计软件,也不能在软件中体现相关的知识,不能对市场或者组织结构的变化做出响应,并且不能协调包含多种语言和多元文化的项目。

目前制造企业正在为实现设计数据的交换而努力。产品数据交换的标准,例如STEP(产品模型数据交换标准),正开始为人们所接受。波音777项目就实现了产品数据的全数字化。交换设计数据所受到的制约来自于缺乏能共同操作的系统软件。由于对工艺的描述和整合相当困难,因而工艺数据交换标准的发展也裹足不前。此外,企业资源计划(ERP)正逐渐成为更加有效管理资源的工具,但是在实施ERP的

过程中,大型企业往往会在集成其设计功能的时候遇到极大的困难。

虽然面向产品全生命周期的设计是当前学术研究的一个课题,但是这种设计很少把过程、生命周期成本和管理集成到一起。虽然高性能的计算机提供了足够的计算能力来满足全面的集成设计的需要(如果模型和仿真能够得到充分表达的话),但是实现对产品以及全生命周期过程的优化仍然路途遥远。

尽管还存在不少难关需要克服,但技术上的进步肯定会减少市场响应时间。快速原型技术已经缩短了产品开发时间并且提高了产品和工艺设计的集成度;用于类网状工艺的实验设备正开始尝试构造小批量的产品。虽然大多数制造活动仍旧基于非柔性的制造工具和控制器,但已经有越来越多的柔性制造工具和制造单元把一些装卡时间从数小时缩短至数分钟。现在当新的原型被开发出来之后,大型产品流水线,例如,汽车生产线还经常需要数星期的停机时间和大量的资金投入,才能完成新的机器和新的机械设备的组合。

目前在技术、过程以及系统领域朝着并行工程的方向所迈出的试探性的一步还显得很小时。必须使用新的技术来支持全新的组织概念:地理上分散的工作单元、有多元文化和多门学科参与、可以并行工作、适应性强、转变迅速等。

要达到预期的并行程度需要在以下四个关键领域取得技术进步。

(1) 系统建模能力

能够把企业各个方面都包含在内的系统模型将确保决策的可行甚至最优。系统模型必须包含制造的各个方面,包括设备、过程和制造系统中人及其交互的方式(例如有助于提高人员效率、促进知识注入的人机界面、过程或子系统)。包括了人类认知和学习方面需要考虑的问题比简单的人机工程学要复杂得多。

(2) 模块化、适应性强的设计方法

为了支持并行制造,设计方法必须能够适应大量的产品、过程和工艺参数。设计方法必须利用可重用的设计模块库,这些模块考虑了废料产生、原料和资源利用、制造成本、维护时间以及其他因素。

(3) 适应性强的生产过程和设备

并行制造要求生产过程能够快速适应新产品的生产以满足动态的市场需求。为了在同一条生产线上生产几种客户定制的产品,需要可以快速重组的生产过程和系统。必须迅速开发产品的数字化设计,并以最小的准备时间和人的参与使之转化为最终产品。工艺设计必须能够和机器、工艺准备与产品制造之间达到无缝连接,其实现基础是可编程的、网状的、灵活组成的、不需要硬性改装的工艺过程。包含集成的、即插即用的硬件设备和软件组件的设备模块必须随时可以投入使用。

(4) 材料和工艺

新产品的迅速实现需要企业开发出全新的材料和成形工艺,这些工艺利用具有新型结构和材质的新型材料。在未来,生化材料和分子级材料的研究和应用将是技术进步的热点之一。