



先进制造技术丛书

国家“九五”重点图书

制造系统 信息集成技术

ZHIZAOXITONG

主编 严隽琪

XINXIJICHENG

JISHU

上海交通大学出版社

TP278

8

国家“九五”重点图书
先进制造技术丛书

制造系统信息集成技术

严隽琪 主编

马登哲 郑虹 王丽亚 吴德中 石奇海 编

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书是阐述制造系统中信息集成方法和技术的专著。全书共九章,首先对制造业在信息时代中面临的挑战与机遇进行分析,介绍了现代集成制造的新概念;分别论述了生产经营管理、工程技术、车间自动化、数据库与网络等分系统中信息集成的方法与技术;以及产品数据交换技术和 CIMS 体系结构与系统建模方法;并论述了数字化与网络化制造的新进展。

全书注重系统性、先进性与实践性相结合,每章都列举了工程实例,反映了当前计算机集成制造领域研究的热点、前沿及发展方向,以及中国近十多年来在 CIMS 研究开发与应用推广的实践中所取得的研究开发成果。

本书可作为高等工科院校的本科生、研究生的教学用书,也可供企业与科研单位工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

制造系统信息集成技术/严隽琪主编. —上海:上海
交通大学出版社,2001
ISBN7-313-02638-2

I. 制... II. 严... III. 集成制造系统
IV. TP278
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)字 04770 号
本书出版由上海科技专著出版资金资助

制造系统信息集成技术

严隽琪 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市印刷二厂 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:25 字数:623 千字

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

印数:1-1150

ISBN7-313-02638-2/TP·452 定价:43.00 元

版权所有 侵权必究

出版说明

科学技术是第一生产力。21 世纪,科学技术和生产力必将发生新的革命性突破。

为贯彻落实“科教兴国”和“科教兴市”战略,上海市科学技术委员会和上海市新闻出版局于 2000 年设立“上海科技专著出版资金”,资助优秀科技著作在上海出版。

本书出版受“上海科技专著出版资金”资助。

上海科技专著出版资金管理委员会

推動科技出版事業
提高學術研究水平

為「上海科技書出版資金」題

徐匡迪

二〇〇〇年十月十一日

前 言

以信息的观点和系统的观点来分析并优化制造系统是美国学者在 70 年代提出“计算机集成制造系统(CIMS)”的核心思想。20 余年来随着以信息技术为突出标志的科学技术的巨大进步和以全球经济一体化为代表的社会经济的深刻变革,使全球制造业面临着严峻的挑战和前所未有的发展机遇,需要与之相适应的理论武装及新方法、新技术的支持。自 1986 年开始实施的我国高新技术研究开发计划(863 计划)CIMS 主题将 CIMS 理论与中国改革开放、调整产业结构、提升传统产业伟大实践相结合,成千上万名工程技术人员、科研工作者、教师与研究生投身到 CIMS 研究、开发与推广应用之中。真正实现了 CIMS 理论、方法、技术与工具的“本土化”,并且以丰富的研究成果和实践经验为 CIMS 概念注入了新的内涵,使之成为由中国创新的“现代集成制造系统(CIMS-Contemporary Integrated Manufacturing Systems)”的新概念与新方法。它更强调建模与系统分析,强调集成和优化,强调系统发展模式,强调多学科协同。更有利于中国企业接受与推广应用 CIMS。

工业国家是在经历了工业化的历史阶段之后,进入了信息化的时代,而我国工业化的任务远未完成。这就注定了我国的工业化与信息化会在很长的历史时期内成为国民经济与社会发展的两个“轮子”,用信息化带动工业化,用适合国情的方式实现跨越式发展,是我们面对全球经济一体化的必然选择。我们完成这样一本有相当难度的著作,希望它为推进我国工业化与信息化的结合,推广制造系统信息集成技术方面作出应有的贡献。这是我们的写作动机。在 20 世纪 80 年代末与 90 年代上半期,曾经有过 CIMS 著作的出版热,它们在宣传、普及计算机集成制造系统的知识、指导 CIMS 应用实践方面发挥了重要的历史作用。而呈现在读者面前的这本著作参考和编入了国内外这一领域研究前沿的学术成果,力求有先进性;各章多以本国企业实施 CIMS 工程为实例,力求更贴近中国国情;对单元技术的介绍尽量压缩,重点论述系统的信息集成技术;理论方法与应用并重,体现可实践性。其中也融合了作者近年的一些研究与开发应用成果。因此,本书既可作为研究生、高年级本科生的教学用书;同时也可供从事研究开发与系统实施 CIMS 的学者及工程技术人员参考使用。

本书撰写前及写作过程中,大部分内容曾在上海交通大学研究生和本科四年级的有关课程中讲授多遍。得到教师和学生们的不断的反馈意见,使我们能对书中内容进行持续的改进。

全书由严隽琪主编,其中第 1,3,7,9 章由严隽琪编写,第 2 章由王丽亚编写,

第4章由郑虹编写,第5章由吴德中、石奇海合作编写,第6,8章由马登哲编写,最后由郑虹协助严隽琪进行全书核校定稿。在编写过程中,薛劲松研究员、张申生教授、唐泉工程师等提供了宝贵的资料。本书的编写得到了上海市学位委员会“研究生教材建设项目”的资助。在此一并表示衷心的感谢。

由于作者研究水平与应用实践所限,书中疏漏、不当之处难以避免,如蒙读者惠予指正,将不胜感激之至。

编 者

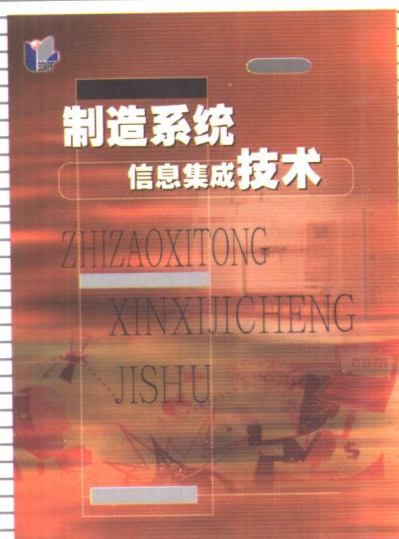
2000 年 10 月



责任编辑 关 鹿 高景和

封面设计 韦 人

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



ISBN 7-313-02638-2



9 787313 026385 >

ISBN7-313-02638-2/TP·452

定价:43.00 元

目 录

第 1 章 信息时代的制造业	1
1.1 信息时代与知识经济	1
1.1.1 信息	1
1.1.2 信息技术	1
1.1.3 信息社会与知识经济	2
1.2 信息时代的制造业	3
1.2.1 制造业面临新的挑战	3
1.2.2 中国制造业的问题与出路	4
1.2.3 制造业信息化进程	5
1.3 制造业中的系统集成技术(CIMS)	5
1.3.1 CIMS 的基本概念	5
1.3.2 CIMS 的构成	10
1.3.3 现代集成制造——中国 CIMS	13
第 2 章 生产经营管理分系统	17
2.1 概述	17
2.1.1 工业企业的基本任务和基本活动	17
2.1.2 生产过程及生产管理	18
2.1.3 生产类型及相应的管理特点	20
2.1.4 目前制造业生产经营管理存在的问题	25
2.2 现代企业生产经营管理模式及管理技术	26
2.2.1 制造资源计划 MRP II	26
2.2.2 准时生产(JIT)管理方式	41
2.2.3 项目管理及网络计划技术	47
2.3 管理信息系统(MIS)	52
2.3.1 管理信息系统的基本概念	52
2.3.2 管理信息系统的发展	53
2.3.3 ERP 软件介绍	55
2.3.4 CIMS 环境下管理信息系统	63
2.4 实施案例	64
2.4.1 大批量重复制造型企业的实施案例	64
2.4.2 多品种小批量生产类型企业的实施案例	65
2.4.3 单件定单项目型企业的实施案例	75

第3章 工程技术分系统	86
3.1 产品开发过程	86
3.2 产品开发过程中的计算机辅助技术	90
3.2.1 CAD/CAE/CAM/CAPP 的主要技术内容	90
3.2.2 产品开发过程中的信息集成	95
3.3 并行工程(CE)	102
3.3.1 并行工程的基本概念	102
3.3.2 并行工程方法学	104
3.3.3 并行工程的若干关键技术	105
3.3.4 并行工程的使能工具	108
3.3.5 并行工程实例	109
3.4 产品数据管理(PDM)	111
3.4.1 什么是产品数据管理	111
3.4.2 PDM 的需求分析	111
3.4.3 PDM 的主要功能	112
3.4.4 PDM 的特点	114
3.4.5 PDM 的实现	114
3.4.6 PDM 在发展中的若干问题	116
第4章 车间自动化分系统	119
4.1 车间自动化系统概述	119
4.1.1 CIM 环境下车间自动化系统的研究领域	119
4.1.2 车间自动化分系统与 CIMS 其他分系统的集成	123
4.1.3 车间自动化分系统与 MRP II/ERP 系统的关系	123
4.1.4 车间自动化技术的发展趋势	125
4.2 加工设备及控制	126
4.2.1 数控机床	127
4.2.2 加工中心	129
4.2.3 DNC 系统	130
4.2.4 开放式的 CNC 机床(Mazatrol Fusion 640)	132
4.3 物料运输与存储系统	135
4.3.1 概述	135
4.3.2 物料搬运设备	136
4.3.3 自动化立体仓库	137
4.4 柔性制造系统	138
4.4.1 概述	138
4.4.2 柔性制造系统特性	138
4.4.3 FMS 的组成	139

4.4.4 FMS 与 DNC 系统的区别	140
4.5 作业计划调度与控制	142
4.5.1 单元控制器	142
4.5.2 生产类型	143
4.5.3 工程项目生产的作业计划	144
4.5.4 车间作业计划调度与控制	144
4.5.5 重复制造的作业计划与控制	153
4.6 典型案例	153
4.6.1 车间现状及需求分析	153
4.6.2 车间自动化分系统的结构与功能设计	155
4.6.3 单元控制器的分类	157
4.6.4 信息运行模式	158
4.6.5 关键技术和解决方案	158
第 5 章 企业网络与数据管理技术	163
5.1 计算机网络基础	163
5.1.1 计算机网络组成部件	163
5.1.2 网络分类及功能	163
5.1.3 网络体系结构	165
5.1.4 计算机网络的组织	167
5.2 企业实用网络技术	170
5.2.1 MAP/TOP 网	170
5.2.2 现场总线网	173
5.2.3 千兆位以太网	175
5.2.4 异步传输模式	176
5.3 CIMS 网络的组织和设计	179
5.3.1 企业网络设计方法	179
5.3.2 制造业企业子网	182
5.3.3 制造业企业主干网	187
5.3.4 企业网络管理	189
5.4 企业数据管理技术	190
5.4.1 数据库与数据管理概述	190
5.4.2 数据建模技术	195
5.4.3 数据库设计	202
5.4.4 企业数据管理技术	210
5.4.5 客户/服务器数据管理技术	224
5.4.6 Web 数据管理技术	227

第 6 章 产品数据交换技术	232
6.1 引言——计算机集成制造接口标准化综述	232
6.1.1 CIM 系统实现的途径	232
6.1.2 CIM 标准化的特点	233
6.1.3 CIM 标准化在世界各国的技术状况	234
6.1.4 国际上 CIM 标准化活动的比较	238
6.1.5 CIM 标准化工作内容及优先权级	239
6.2 产品数据技术	241
6.2.1 问题的定义	241
6.2.2 产品模型描述产品数据	243
6.2.3 产品数据交换	244
6.2.4 产品模型数据接口	246
6.3 产品数据标准发展概述	247
6.3.1 产品数据标准发展回顾	247
6.3.2 各主要国家 CAD 接口标准化工作综览	252
6.3.3 先前开发的产品数据交换标准(接口)之不足	254
6.4 产品模型数据交换标准 STEP	255
6.4.1 STEP 结构	257
6.4.2 STEP 的标准化状况	265
6.4.3 应用协议 AP212 和 AP214	265
6.5 STEP 工业应用	269
6.5.1 工业企业 CAD 现状与需求	269
6.5.2 Pro STEP 中心	270
6.5.3 产品数据建模及其实现	273
6.5.4 AP212 和 AP214 的工业推广	274
6.5.5 STEP 工具及其应用	276
6.6 产品数据交换技术工程应用实例——“STEP 示范企业”项目	277
6.6.1 企业概况及工程背景	277
6.6.2 项目目标和实施内容	279
6.6.3 该项目实现的解决途径与概况	280
6.6.4 结束语	283
附录 1 有关标准化组织和工作小组	284
附录 2 开发和设计领域中的接口工作	285
第 7 章 CIMS 体系结构与系统建模方法	290
7.1 CIMS 体系结构	290
7.1.1 体系结构的构成原则与要素	290
7.1.2 面向 CIMS 功能构成和控制结构的体系结构	291

7.1.3 面向 CIMS 生命周期的体系结构	293
7.1.4 我国 CIMS 体系结构的研究与实践举例	295
7.2 CIMS 系统建模方法	296
7.2.1 数据流程图	296
7.2.2 IDEF ₀ 方法	300
7.2.3 IDEF _{1X} 方法	307
第 8 章 CIMS 应用工程	324
8.1 引言	324
8.1.1 CIMS 应用工程是 CIM 哲理在一个特定企业的实现	324
8.1.2 CIMS 应用工程是我国 863/CIMS 研究开发的重要层次	325
8.1.3 CIMS 应用工程特点	325
8.2 CIMS 应用工程的开发过程	328
8.2.1 CIMS 应用工程的阶段划分	328
8.2.2 可行性论证	329
8.2.3 初步设计	331
8.2.4 详细设计	333
8.2.5 系统实施与测试	335
8.2.6 运行和维护	336
8.2.7 CIMS 应用工程开发过程的思考	338
8.3 CIMS 总体设计	339
8.3.1 制定 CIMS 总体方案的指导思想	339
8.3.2 CIMS 总体方案设计的内容	340
8.3.3 CIMS 的体系结构	342
8.3.4 CIMS 的功能描述	343
8.3.5 CIMS 中的信息模型设计	347
8.3.6 资源设计与组织设计	350
8.4 我国 CIMS 应用工程进展	351
8.4.1 863/CIMS 应用工程概况	351
8.4.2 上海市 CIMS 推广应用工程概况	353
8.5 CIMS 应用工程案例	356
8.5.1 CIMS 应用工程案例之一 ——宝钢能源管理 CIMS 应用工程	356
8.5.2 CIMS 应用工程案例之二 ——上海三菱电梯有限公司 CIMS 应用工程	362
第 9 章 数字化与网络化制造	370
9.1 数字化与网络化制造的发展趋势	370
9.2 虚拟制造 (VM)	371

9.2.1 VM 的基本概念	371
9.2.2 VM 与相关概念之间的关系	373
9.2.3 VM 中的关键技术及其应用	374
9.2.4 VM 技术应用中存在的问题	378
9.3 敏捷制造	379
9.3.1 敏捷制造内涵	379
9.3.2 敏捷制造企业	382
9.3.3 敏捷制造的方法与技术	383
9.3.4 企业实施敏捷制造的过程	384
9.3.5 敏捷制造实施案例	387

第 1 章 信息时代的制造业

1.1 信息时代与知识经济

1.1.1 信息

信息一般可解释为消息、情报、通知、知识等等。随着社会的发展和现代科学技术的进步,信息的概念在逐步扩展,渗透到社会科学和自然科学的众多领域,其内涵和外延也发生着变化。虽然信息的定义至今仍众说纷纭,有人说信息是消息,有人说信息是知识,有人说世界由物质、能和信息三要素组成,即信息不是物质也不是能,有人却说信息是物质运动的反映……但人们有一个共识:信息存在于物质运动的过程之中,它和物质、能源一起,构成了现代社会发展的三大支柱资源。正如一位美国科学家在诗中所描写的:“没有物质的世界是虚无的世界,没有能源的世界是死寂的世界,没有信息的世界是混乱的世界。”在这儿把信息定义为“减少不确定性,增强世界的有序性,”正是信息作用于人类社会范畴的表现。

数据和信息是既有紧密联系,又有区别的两个概念。数据是对客观事物及其状态的记载,它由一些可鉴别的物理符号组成。而信息通常被认为是经过加工后的数据,它对接受者应具有现实的或潜在的价值。数据与信息,就如同原料和产品的关系。数据只有按一定的需求进行加工或处理,形成信息,变不确定因素为确定因素后,才会有用。但数据和信息往往没有截然的界线。有的数据对一些接受者来说是信息,而对另一些接受者来说则需在此基础上进一步加工处理才会成为信息。所以有时在不太严格的场合,也把信息处理称为数据处理。

1.1.2 信息技术

信息技术是 80 年代以来被称为“高技术”的一批新技术中重要的组成部分。它是指开发、利用、采集、传输、控制和处理信息的方法及手段。与以人工方式或机械方式为主的传统信息技术相比,当代信息技术应是以计算机与网络通信为代表。正如美国学者所言:比特(bit),作为“信息的 DNA”,正迅速取代原子而成为人类社会的基本要素。

信息技术近年来的飞速发展可以从以下一些数据大致得到反映。在计算机硬件方面,不仅 CPU 的处理速度从微机的每秒数千次,现已可达到巨型机的每秒数千亿次;主机的 CPU 数量从单个发展为 16 个;处理字节长度从微机的 16 位到小型机的 64 位;而磁盘容量从数十兆发展为数十亿兆,内存容量从微机的 640K 到大型机的 200 兆。有人预测,20 年后计算机上不足 10 秒钟的计算将相当于今日一整天的计算,说明硬件发展的惊人速度。在计算机软件方面,传统电脑由单个处理器依序处理每一条指令发展为并行电脑,即依靠多个处理器之间的联结和互动,并行处理若干任务;图形化用户接口(UGI)的发展使用户与电脑之间的交流有可能通过一个日益“人性化的

界面”；而应用程序的编写也从传统的高级语言发展为非结构编程语言，甚至直接利用应用程序生成器来编程。在数据管理方面，从早期的主机处理方式到用户微机上有数据库管理系统 DBMS 支持，而服务器只是用来集中存放数据的文件处理方式，进而发展为 90 年代出现的“客户——服务器”即 C/S 模式，目的是将信息系统中的数据和逻辑处理在用户微机端和服务器之间进行恰到好处的分配，使分步式处理走向现实。在网络信息方面，90 年代被称为通信革命年代，时间与地理上的障碍越来越变得微不足道。网络通信产品性能价格比正不断改善，群体系统（即跨职能的工作小组紧密结合的使能系统），电子数字交换已成为一种趋势。在应用系统方面，已经从一般的数据处理功能向决策支持，甚至智能决策支持和群体决策支持的功能发展。总之，信息技术的飞速发展使得计算机和网络日益成为社会经济增长的起决定作用的生产工具。

1.1.3 信息社会与知识经济

人类创造财富的方式决定了社会的类型。二百多年前爆发的工业革命使人类从农业社会进入了工业社会。在这个社会里，以机器大工业主导着生产方式，以土地、石油等已经短缺的自然资源为主要依托，战略资源是资本。相应的，这种经济被称为工业经济。70 年代以来，对未来经济出现了多种说法，先是托夫勒在《第三次浪潮》中提出的“后工业经济”，后是奈斯比特 1982 年在《大趋势》中提出的“信息经济”，再是福来斯特 1986 年在《高技术社会》中提出的“高技术经济”，1990 年联合国研究机构提出了“知识经济”的概念，1996 年亚太经合组织正式使用了“以知识为基础的经济”这个新概念，对其内涵作了界定：知识经济是建立在知识和信息的生产、分配和使用之上的经济。并认为知识经济具有以下几个主要特征：

- (1) 科学和技术的研究开发日益成为知识经济的重要基础。
- (2) 信息和通信技术在知识经济的发展过程中处于中心地位。
- (3) 服务业在知识经济中扮演了主要角色。

(4) 人力的素质和技能成为知识经济实现的先决条件。这意味着工业社会正由一个新的社会取代。在这个新社会里，大多数人的工作是要处理信息。

知识密集型的高新技术产业成为新的经济增长点，以智力资源或是信息资源作为首要依托。因此，对智力资源——人才和知识的占有将要变得比对稀缺自然资源——土地和石油的占有更为重要。这个新时代，被称为信息社会，知识经济是信息社会的经济形态。

表 1-1 信息社会与工业社会的比较

	工业社会	信息社会
生产经营活动	集中于生产制造过程	注重信息活动（培训、研究开发、市场营销等）
管理思想	物本管理思想	以人为本的思想
资产与活动	实物资产（材料、产品、设备等） 较固定的生产成本与分配活动	信息技术资产（人力资源、研究开发信息系 统、顾客需求信息、知识产权等） 灵活多变的信息技术活动
信息处理与传递	人工为主	计算机为主
企业组织机构	“金字塔”递阶结构，功能分离	“网络化”结构，非专业化分工倾向

表 1-1 对工业社会和信息社会进行了简要的比较。正如一位美国学者分析指出，工业时代带来的是机器化大生产的观念，以及在任何一个特定的时间和地点以统一的标准化方式重复生产的经济形态。信息时代，也就是电脑时代，显现出相同的经济规模，但时空与经济的相

关性大大减弱了。

今天的世界,知识经济的规律已在起作用。例如在美国,信息科学技术产业已成为至少可与汽车、建筑、钢铁等传统支柱产业并驾齐驱的高新技术产业。同时,高新技术对传统产业的注入,不断提高其知识的含量也颇有成效。

1.2 信息时代的制造业

1.2.1 制造业面临新的挑战

当人类社会迈入信息时代,信息产业如喷薄而出的朝阳呈现无限生机的时候,仍必须清醒地认识到,物质的生产、产品的制造永远是发展社会经济和提高人民生活水平的基础,人们的生活需要衣、食、住、行,离不开物业。提高国家实力、提高人民生活水平、提高社会生产力,都要依赖于制造业的科学技术水平,制造业是现代化的支柱。发展信息产业,应高度重视信息技术在制造业中的应用。

国民经济信息化和全球经济一体化是当今时代的特征,制造业面临着新世纪的挑战和机遇。科学技术的日新月异在急剧地改变着现代制造业的产品结构和生产过程,传统的相对稳定的市场变成动态多变的市场;传统的管理、劳动方式,组织结构和决策准则经历着新的变革;生产能力(包括信息、资本)在世界范围内迅速提高和扩散,形成全球性的激烈竞争。制造业竞争的焦点发生着历史性的转移,传统工业的竞争焦点在于降低劳动力成本与产品原材料成本;在70年代,竞争焦点在于提高企业整体效率;到了80年代,竞争焦点在于全面满足顾客在交货期、质量、价格和服务诸方面的要求;而进入90年代以来,新产品的开发将成为企业的命脉。由于信息传递的速度越来越快,科技不断推陈出新,从知识到技术再到产品的转化时间越来越短,使得新产品的研制开发过程越来越快;用户将习惯于“喜新厌旧”,追求个性化的体现,对产品的性能和质量的要求越来越“苛刻”,市场竞争更趋激烈及多元化;今天一个新产品的价值和价格,主要取决于其技术(知识)含量以及该技术的独占性,实际上已经和直接成本没有关系或关系很小。与此同时,人类通过深切反省,环保意识大为加强,各国政府陆续制定保护环境、防止污染的法规,企业面临着如何实现“绿色制造”的新课题。技术(知识)价值的体现,取决于市场的需求,体现在形成的产品所占有的市场份额,产品的生命周期越来越短,因为它取决于独占期的长短。现在,信息已经成为有效地利用能源和材料,组织制造各种各样产品的重要依据和手段。信息对世界统一市场的形成和发展起到了无可比拟的作用,国际互联网更大大促进了正在形成中的全球化生产体系的发展。为了赢得竞争,减少资金的逆流,企业尽可能地把制造转移到最终市场附近,依靠当地制造装备及供应链,以降低成本。世界经济进入新的发展期。适应这种形势的敏捷制造企业,将是21世纪企业的主要模式。

有专家把当今世界各国的企业正在经历的变革描述为以知识为基础的三大变革:“增强协作、分散经营和建设智能基础设施。”知识是一种独特而又无限的资源,它将对经济的发展产生革命性的影响。当知识为人们所共享和广为传播时,它作为资源的价值将会大大提高。协作是当代企业活动中最重要的发展趋势,它使知识和构想得到更大范围的交换和共享,从而提高企业活动的效率。分散经营或非集中化,即把企业分成能够各自对经营结果负责的自我管理单位。这样能在企业内部产生“内部市场”,这种市场具有极大的灵活性,对环境变化具有较强