

Computer-Integrated Manufacturing, Third Edition

(原书第3版)

# 计算机 集成制造

James A. Rehg

宾夕法尼亚州立大学阿尔纳分校

(美)

Henry W. Kraebber

普度大学西拉斐特分校

著

夏链 韩江

合肥工业大学

等译

third edition

Computer-Integrated  
Manufacturing



James A. Rehg  
Henry W. Kraebber



机械工业出版社  
China Machine Press

TH166

13D

2007

Computer-Integrated Manufacturing, Third Edition

(原书第3版)

# 计算机 集成制造

James A. Rehg

宾夕法尼亚州立大学阿尔纳分校

(美)

Henry W. Kraebber

普度大学西拉斐特分校

著

夏链 韩江

合肥工业大学

等译



机械工业出版社

China Machine Press

本书集成了产品设计技术和基本制造原则,并关注在整个企业中支持CIM的不断变化的运作和信息系统。本书内容包括CIM及制造企业概述、设计要素和生产过程、控制企业资源、现代制造系统及实施过程四大部分。本书涵盖了计算机集成制造领域重要的发展趋势和真实的工业实例。

本书可作为高等院校机械工程及自动化专业高年级本科生的教材,同时还可作为技术人员和工程人员全面了解计算机集成制造技术的参考书。

Simplified Chinese edition copyright © 2007 by Pearson Education Asia Limited and China Machine Press.

Original English language title: *Computer-Integrated Manufacturing, Third Edition* (ISBN 0-13-113413-2) by James A.Rehg, Henry W.Kraebber, Copyright © 2005.

All rights reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

本书封面贴有Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

**本书版权登记号: 图字: 01-2004-3683**

**图书在版编目(CIP)数据**

计算机集成制造(原书第3版)/(美)雷格(Rehg, J. A.), (美)科瑞博(Kraebber, H. W.)著;夏链,韩江等译.-北京:机械工业出版社,2007.6

书名原文: *Computer-Integrated Manufacturing, Third Edition*

ISBN 978-7-111-21017-7

I. 计… II. ①雷… ②科… ③夏… ④韩… III. 计算机集成制造-高等学校-教材  
IV. TH166

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第026926号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:杨庆燕

北京慧美印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2007年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·25.75印张

定价:55.00元(附光盘)

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换  
本社购书热线:(010) 68326294

## 译者序

你想知道一个企业如何面对激烈的国际市场挑战并成为富有竞争力的优秀企业吗？你想知道世界各地企业所采用的制造系统和生产策略的类型以及如何运用各种技术解决实际工业问题吗？你想知道成功实施CIM的关键所在以及CIM对企业各个部门所产生的重要影响吗？你可以在James A. Rehg（宾夕法尼亚州立大学阿尔纳分校工程系副教授，自动化、机器人和微处理器领域的资深学者和杰出教员）和Henry W. Kraebber（普度大学西拉斐特分校机械工程技术系教授，在制造作业、工程、质量和管理领域拥有15年的领导经历）共同编著的本书中找到上述问题的答案。

本书不是一本纯粹的技术教材，它更注重介绍的是一种理念。这种理念对企业的管理者、工程技术人员乃至企业中的每一名普通员工都至关重要。该理念是：通过硬件和软件系统的连接实现物理集成，通过共享企业信息和数据实现逻辑集成，基于对企业内每个部门的目标和方向的全新认识达到理念上的集成，使企业在全球市场上具有更强的竞争力！

当机械工业出版社引进本书原著并和我们商议翻译事宜时，我们当即决定翻译这本书，不仅仅是因为这是一本好的技术概述书，更因为这是一本有意义的书，其重要性和价值一定会随着我国工业的迅猛发展而凸现出来。

本书涵盖了CIM所涉及的相关单元技术，该技术是机械工程类学生必备的知识，也是21世纪机械制造业先进生产模式的技术人才必备的知识。本书对相关技术内容基本概念的介绍非常清晰。本书在旧版基础上经过了彻底更新和扩展，包含最新的重要信息，同时本书还附有一张包含WinMan软件的演示光盘。该软件能帮助读者理解一个现代的数据驱动系统如何帮助企业更好地管理数据和运营。本书在每章后都有一个小结，并附有问题及作业供学生讨论和练习，以加深学生对所学内容的理解。本书可以作为机械工程及自动化专业高年级本科生的教材，亦是相关专业技术人员的学习材料。

本译著的出版，离不开我们翻译团队的不懈努力，其中，夏链负责前言、第1、2、6、7、8、9的翻译，韩江负责第11章的翻译，江擒虎负责第3章的翻译，朱立红负责第4章的翻译，夏永胜负责第5章的翻译，何高清负责第10章的翻译，余道洋负责第12、13章的翻译。最终由夏链负责全书的统稿和审校。

本译著的出版，更离不开很多人的支持和帮助。非常感谢机械工业出版社的编辑，是他们的见识和认真工作使这本好书有可能与中国读者见面，使我们有机会翻译此书并从中获益匪浅；感谢胡静、张栋栋、郭建强、苏志远、戴文明等研究生在本书翻译过程中所做的大量细致的前期工作。特别要感谢合肥工业大学机械与汽车工程学院博士生导师赵韩教授、德国斯图加特大学机床控制技术与生产工程研究所（ISW）的G. Pritschow 教授、Pete Klemm教授和

Alexander Verl教授等专家的精心指导。还要感谢ISW研究所的Michael Wosnik先生提供的技术帮助。最后特别感谢我的家人长期以来对我工作的理解、支持和无私奉献，感谢我的朋友们对我的鼓励。仅以此书献给他们，尤其是韩夏阳同学。

作为译者，我们的心愿就是将原著的意义尽可能地展现给读者，但由于我们翻译的水平有限，书中难免出现错误和疏漏，还请各位专家和读者不吝指正。大家可以把意见和建议发到xia\_nian@126.com。

夏 链

合肥工业大学机械与汽车工程学院

2007年5月于合肥

# 前 言

全球经济和技术的革新给计算机集成制造（CIM）带来很多新问题。CIM包含了复杂制造企业的方方面面。有些人认为CIM作为一门单独的课程或者一本教科书来说面太宽。然而，CIM的本质是集成了企业的各种要素：通过硬件和软件系统的连接实现物理集成；通过共享企业信息和数据实现逻辑集成；基于对企业内每个部门的目标和方向的全新认识达到理念上的集成。

集成对于CIM的实施如此重要，因此最好在一门单独的课程中介绍，这样才能更好地探究企业各个要素之间的关系。本书就是这样的一门导论课。

全面地理解一个CIM 解决方案的实施情况需要对传统的制造做一些研究，了解CIM的当前状况，以及预测技术和操作过程将来会发生怎样的改变。

本书的独到之处是：集成了产品设计技术和基本的制造原理，纵现了支撑整个企业的CIM作业和信息系统的变化。书中介绍了如下内容：

- 描述全世界工业界使用的不同类型的制造系统和生产策略。这一点很重要，因为没有两个CIM 解决方案是完全相同的。
- 仅仅介绍自动化设备和软件解决方案是远远不够的，因为成功地实施CIM需要的不仅是技术。实际上，订购硬件和软件是CIM 实施里的最后一步，前期的工作才是保证成功实施CIM 工程的关键。
- 讨论在一个企业里CIM对所有主要要素（包括：产品设计，车间技术，制造生产和作业控制系统）的影响。
- 提供令人信服的论据来说明实现CIM可以使企业在全球市场中更具有竞争力。实际上，实施CIM可以为参与全球性竞争的制造企业打开每一个市场。
- 纵观支持不断发展准时和精益生产的CIM企业的计算机系统。

另外，在第3 版中做了以下最新的修改：工作单元设计案例研究已经添加在第1章到第4章、第5章、第10章和第11章的后面，和相关章节中提出的概念相呼应。而第4章（CAD）则全部改为对某个企业中CAD功能的概述以及对产品数据管理（PDM）的介绍。本书还对企业网的概念进行了升级与扩充。第5章的“有限元分析”和“快速原型”方面的内容也得到了更新。许多新的图片替换了旧的图片，并且增加了很多图片。

此外这一版新增加了一张CD，其中包含软件WinMan的示范版本。该软件为用户提供了一个完全基于计算机的企业资源规划（ERP）系统。这个工具可以让用户清楚地了解一个现代数据驱动系统是如何帮助公司有效地管理数据和运营。这个CD还包括一个能安装在PC 机上运行的全功能单用户系统。这个示范软件可以让用户了解这个系统的基本内容——从项目和结构数据库的建造到管理用户订单、物料管理、制造和记账信息。

为了全面概述计算机集成企业，我们把本书分成四个部分。第一部分，即第1、2章，概述了全球的竞争态势，描述一个内部的制造策略，详细讨论了制造和有效解决方案的开发所面临的问题，介绍了不同类型企业的实施途径。在描述过程中，对制造所使用的制造系统和生产策略进行了分类与描述，阐述了产品开发和工程变更周期，并对企业组织进行了说明。在第一部分的最后，制造业中对变革的需求已经十分明朗，并建立了组织变革的基本策略。另外，在第一部分中对企业组织的描述为书中后续介绍的CIM 概念提供了一个框架。第一部分对制造和企

业做了关键性的介绍,这些对于学习CIM课程是必要的。

在第二部分,包含三章,研究某种产品从概念到生产的3种主要的设计和工程加工阶段。第3章介绍设计和生产工程的概念和问题。强调了使用CIM技术对设计和生产出世界级产品,提高企业生产力的作用。

将旧的设计模型和结合了并行工程的新设计过程相比较,新设计过程更关注产品设计。这个部分对生产工程的功能做了深入介绍,并对通过技术和企业数据集成提高生产效率的情况做了详细的阐述。计算机辅助设计(CAD)是第4章的重点。设计决定着产品数据库开发的起点,因此整个一章都着眼于将CAD集成到企业的作业中。为了强调这种集成,我们修改了这章的标题,并且内容包含了PDM(产品数据管理)。本章讨论了在产品的设计过程中CAD技术的功能,介绍了用于开发产品模型的系统,也介绍了PDM以及PDM与CAD技术和设计部门之间相互连接的重要性。

在第5章中,我们研究了并行工程产品设计模型和CAE(计算机辅助工程)技术之间的关系,CAE技术为设计过程和生产工程提供技术支持。文中对CAE技术、面向制造和装配的设计、有限元和质量属性分析、快速原型、成组技术、计算机辅助工艺规划、计算机辅助制造、生产和过程建模与仿真、维护、自动控制以及产品成本分析都给出了完整的定义。在第5章的最后部分,介绍了用于将设计和生产工程活动与企业共用数据库和其他经营活动连接在一起的计算机网络。

第三部分,将CIM的焦点转移到企业资源的控制。CIM在应用上不断普及,并支撑着企业的管理和控制。按照顺序,本部分以第6章为起点,用一个典型的MPC系统来描述制造规划和控制(MPC)的概念。提出了制造规划的功能并从新的高度来考虑CIM实施所使用的系统和技术,并且对生产规划与主生产调度(MPS)的高级系统要素给予关注。另外,在第6章综述了关键的概念,在后续的两章中进行了详细地探讨。

在第7章,更详细地讨论了MPC模型里的3个关键要素,包括物料需求规划(MRP)、能力需求规划(CRP)以及完成物料和能力规划的生产活动。介绍并说明了用于企业该关键部分实施CIM的自动化软件。在每一节的最后都介绍了手工MPC的软件解决方案。从第6章到第8章的小结部分,读者将了解到某个MPC系统的作用,能够理解MPC里的每个功能的逻辑和计算,以及描述能使MPC功能自动化的应用软件的关键特征。

第8章,“企业资源规划和其他”建立了来自于MRP和MRP II中概念之间的联系,这些概念是新ERP系统的基本部分。在20世纪90年代末,技术和新系统方面的变化特别快,没有办法预测未来,但是新系统和系统特性会持续地开发出来。设计、加工和控制、信息系统以及通信技术迅速汇聚在一起,新兴技术不断地提供新的机会和利益,但同时对于制造企业也提出了新的挑战。

由准时(JIT)制造和精益生产方法所带来的制造业的无声革命是第9章重点介绍的内容。这些方法是基于在整个企业消除浪费的。JIT中使用的工作和管理技术以及精益系统已经扎根于优秀的工业工程中,当把这些方法融入到企业作业的某个集成系统中时,会产生令人惊讶的成效。小批量生产、可视信号和通过雇员团队展开工作是这次革命的核心。基于计算机的系统在支持JIT和精益生产活动中仍然起着重要的作用。

第四部分,主要讨论加工方法和系统,它们是成功实施CIM的关键,是现代制造和企业范围内众多概念的基础。第10章介绍在制造中通常使用的生产加工设备。另外,将在本章介绍包括一台或多台设备的一种制造系统,称为柔性制造单元或柔性制造系统。第11章介绍支撑生产的设备和系统,其中包括工业机器人、物料输送系统、自动导向小车和自动化存储和检索系统。用于控制生产系统的技术是第12章的重点,其中讨论的控制系统包括:单元控制的软硬件、设备控制的软硬件、可编程逻辑控制器和计算机数字控制器。还讨论了企业网络和共用数据库的操作和管理。任何一种高技术的成功实施都需要在生产管理理念和人力资源开发上进行变革。

因此，第13章将对大范围的质量问题和有效地使用人力资源进行讨论。

总之，第一部分以综观制造业开始；第二、三部分则集中于介绍将物料转变为成品所需要的活动，以及有助于这种转变和企业管理的技术；全书的最后转向能使企业产品具有竞争力的管理，集中讨论成功实施CIM所需的服务和支持功能。贯穿全书，通过介绍通用产品（硬件、软件和系统）来论证这一技术并强调集成问题。

本书尽可能多地包含了那些重要的趋势和真实的工业实例。工业界的同行提供的资料对本书新版的改进做出了直接的贡献。因此在这儿，特别要感谢Patrick Delaney, SIBC 公司的总裁；Rick Anderson, TTW有限公司的总裁；Kurt Freimuth, Factory Floor Solutions的总裁；Charlie Colosky, Operations Development Associates的总裁；Joel Lemke, ENOVIA 公司的总裁。他们提供了重要的资料和背景信息。

本书的题目和章节内容的逻辑顺序由Trident Technical College的教师和雇员在一些车间内进行了测试。另外，本书已经在普度和其他学院的许多大学院系课程中使用。在这些机构里，通过讨论所获得的认识对本书的发展起着重要的作用。我们特别想感谢John Sjolander、Jerry Bell和Alan Kalameja，感谢他们为设计自动化和控制要素所做的工作；特别感谢Marci Rehg，感谢她在开发CIM车间材料中所做的贡献，其中很多想法都得到了验证；感谢Donald Lucas 和Hugo Ramos，他们是普度大学技术学院的研究生，从事产品生命周期管理的研究项目，他们也为本书提供了帮助；还要感谢多年来帮助我们开发和测试与CIM相关的指导材料的所有学生们。

最后，感谢IBM 公司，高等教育联盟计划方面CIM的创始者，感谢他们在2 年制和4 年制学院中支持 CIM 车间和CIM 潜能的开发，在高等教育联盟中的CIM现在仍然是一个独立的非营利的公司，它不断地鼓励和支持CIM 和对制造业的教育；还要感谢评论家Don Arney（常春藤科技州立学院）和Dr. Michael Costello（南伊利诺伊大学卡本代尔分校）。

James A. Rehg (jar14@psu.edu)

Henry W.Kraebber (kraeb@purdue.edu)

# 目 录

译者序

前言

## 第一部分 CIM及制造企业概述

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第1章 制造企业                 | 3  |
| 1.1 概述                   | 3  |
| 1.2 外部挑战                 | 5  |
| 1.3 内部挑战                 | 8  |
| 1.4 世界级赢取订单准则            | 11 |
| 1.5 问题与解决方案              | 16 |
| 1.6 学习CIM概念              | 18 |
| 1.7 走向世界                 | 20 |
| 1.8 小结                   | 24 |
| 简答题                      | 25 |
| 思考题                      | 26 |
| 应用题                      | 27 |
| 附录1.1 实施CIM的益处           | 28 |
| 附录1.2 科技和运作的基础——作者注      | 28 |
| 第2章 制造系统                 | 30 |
| 2.1 制造的分类                | 31 |
| 2.2 产品的开发周期              | 36 |
| 2.3 企业组织                 | 37 |
| 2.4 手工生产作业               | 41 |
| 2.5 小结                   | 42 |
| 简答题                      | 43 |
| 应用题                      | 44 |
| 案例分析:发展与进步——一家世界级企业的制造系统 | 45 |
| 附录2.1 作为企业竞争武器的CIM       | 46 |

## 第二部分 设计要素和生产工程

|               |    |
|---------------|----|
| 第3章 产品设计和生产工程 | 49 |
| 3.1 产品设计和生产工程 | 49 |
| 3.2 组织模型      | 51 |
| 3.3 设计过程:一个模型 | 52 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 3.4 并行工程                | 60  |
| 3.5 生产工程                | 63  |
| 3.6 小结                  | 70  |
| 简答题                     | 70  |
| 应用题                     | 71  |
| 案例分析——重复设计              | 72  |
| 第4章 设计自动化:CAD和PDM       | 73  |
| 4.1 CAD简介               | 73  |
| 4.2 基于图纸设计的成本           | 75  |
| 4.3 CAD软件               | 75  |
| 4.4 CAD的过去、现在和将来        | 82  |
| 4.5 制造系统中的CAD应用         | 88  |
| 4.6 企业选择CAD软件           | 88  |
| 4.7 产品数据管理              | 91  |
| 4.8 小结                  | 93  |
| 简答题                     | 94  |
| 应用题                     | 95  |
| 附录4.1 CAD供应商的网址         | 95  |
| 附录4.2 从B样条曲线到非均匀有理B样条曲线 | 96  |
| 附录4.3 计算机公司的网址          | 97  |
| 第5章 设计自动化:CAE           | 98  |
| 5.1 面向制造和装配的设计方法        | 99  |
| 5.2 CAE分析               | 104 |
| 5.3 CAE评价               | 112 |
| 5.4 成组技术                | 123 |
| 5.5 生产工程策略              | 127 |
| 5.6 设计与生产工程网络           | 142 |
| 5.7 小结                  | 147 |
| 简答题                     | 148 |
| 思考题                     | 148 |
| 应用题                     | 149 |
| 附录5.1 DFA 十条准则          | 150 |
| 附录5.2 CAE供应商网站          | 151 |
| 附录5.3 快速原型供应商网站         | 151 |

### 第三部分 控制企业资源

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 第6章 生产和作业规划的介绍 .....                 | 155 |
| 6.1 作业管理 .....                       | 155 |
| 6.2 制造规划 .....                       | 157 |
| 6.3 MPC模型——制造资源规划 (MRPII) .....      | 161 |
| 6.4 生产规划 .....                       | 165 |
| 6.5 主生产调度 .....                      | 169 |
| 6.6 库存管理 .....                       | 172 |
| 6.7 物料和能力资源规划 .....                  | 175 |
| 6.8 生产活动控制简介 .....                   | 177 |
| 6.9 车间负荷 .....                       | 179 |
| 6.10 输入输出控制 .....                    | 181 |
| 6.11 规划和控制功能的自动化 .....               | 182 |
| 6.12 小结 .....                        | 183 |
| 简答题 .....                            | 183 |
| 思考题 .....                            | 185 |
| 应用题 .....                            | 186 |
| 附录6.1 优先级规则系统 .....                  | 187 |
| 第7章 详细规划和生产调度系统 .....                | 191 |
| 7.1 从再订购点系统到制造资源规划 .....             | 191 |
| 7.2 物料需求规划 .....                     | 192 |
| 7.3 能力需求规划 .....                     | 200 |
| 7.4 制造资源规划 .....                     | 202 |
| 7.5 现代制造计划和控制系统的特征 .....             | 205 |
| 7.6 小结 .....                         | 211 |
| 简答题 .....                            | 213 |
| 思考题 .....                            | 214 |
| 应用题 .....                            | 215 |
| 附录7.1 WIGHT的自行车例子 .....              | 215 |
| 附录7.2 ABCD考评表 .....                  | 216 |
| 附录7.3 一个使用了WINMAN系统的ERP<br>实例 .....  | 223 |
| 第8章 企业资源规划和其他 .....                  | 226 |
| 8.1 MRP II: 一种有效的ERP系统的<br>驱动器 ..... | 228 |
| 8.2 信息技术 .....                       | 229 |
| 8.3 执行ERP系统的决定 .....                 | 231 |
| 8.4 确定ERP系统的供应商 .....                | 232 |
| 8.5 发展中的技术: 汇聚和使能 .....              | 234 |
| 8.6 管理设计数据的集成系统 .....                | 239 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 8.7 小结 .....                       | 244 |
| 简答题 .....                          | 246 |
| 应用题 .....                          | 246 |
| 第9章 制造业的变革 .....                   | 248 |
| 9.1 准时生产 .....                     | 249 |
| 9.2 同步生产 .....                     | 256 |
| 9.3 精益生产系统的出现 .....                | 258 |
| 9.4 精益生产环境下的现代制造系统 .....           | 260 |
| 9.5 小结 .....                       | 263 |
| 简答题 .....                          | 264 |
| 应用题 .....                          | 264 |
| 案例研究:新联合汽车制造公司的生产<br>系统,第一部分 ..... | 264 |
| 案例研究:新联合汽车制造公司的生产<br>系统,第二部分 ..... | 265 |
| <b>第四部分 现代制造系统及实施过程</b>            |     |
| 第10章 生产加工设备与系统 .....               | 271 |
| 10.1 物料和加工工艺 .....                 | 273 |
| 10.2 柔性制造 .....                    | 285 |
| 10.3 固定式大量生产型自动化 .....             | 291 |
| 10.4 小结 .....                      | 295 |
| 简答题 .....                          | 296 |
| 应用题 .....                          | 297 |
| 附录10.1 计算机控制设备的历史 .....            | 297 |
| 第11章 生产设备和系统 .....                 | 300 |
| 11.1 工业机器人 .....                   | 300 |
| 11.2 伺服机器人的程序语句 .....              | 316 |
| 11.3 为伺服机器人编程 .....                | 321 |
| 11.4 自动化物料输送 .....                 | 325 |
| 11.5 自动导向小车 .....                  | 329 |
| 11.6 自动化存储和出库 .....                | 336 |
| 11.7 小结 .....                      | 339 |
| 简答题 .....                          | 340 |
| 应用题 .....                          | 341 |
| 案例研究:通用汽车的AGV应用 .....              | 342 |
| 第12章 机器人和系统控制 .....                | 344 |
| 12.1 系统回顾 .....                    | 344 |
| 12.2 单元控制 .....                    | 349 |
| 12.3 专用系统与开放式系统的互连软件 .....         | 352 |

#### 第四部分 现代制造系统及实施过程

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第10章 生产加工设备与系统 .....       | 271 |
| 10.1 物料和加工工艺 .....         | 273 |
| 10.2 柔性制造 .....            | 285 |
| 10.3 固定式大量生产型自动化 .....     | 291 |
| 10.4 小结 .....              | 295 |
| 简答题 .....                  | 296 |
| 应用题 .....                  | 297 |
| 附录10.1 计算机控制设备的历史 .....    | 297 |
| 第11章 生产设备和系统 .....         | 300 |
| 11.1 工业机器人 .....           | 300 |
| 11.2 伺服机器人的程序语句 .....      | 316 |
| 11.3 为伺服机器人编程 .....        | 321 |
| 11.4 自动化物料输送 .....         | 325 |
| 11.5 自动导向小车 .....          | 329 |
| 11.6 自动化存储和出库 .....        | 336 |
| 11.7 小结 .....              | 339 |
| 简答题 .....                  | 340 |
| 应用题 .....                  | 341 |
| 案例研究:通用汽车的AGV应用 .....      | 342 |
| 第12章 机器人和系统控制 .....        | 344 |
| 12.1 系统回顾 .....            | 344 |
| 12.2 单元控制 .....            | 349 |
| 12.3 专用系统与开放式系统的互连软件 ..... | 352 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 12.4 设备控制 .....       | 353 |
| 12.5 可编程逻辑控制器 .....   | 354 |
| 12.6 继电器梯形逻辑 .....    | 355 |
| 12.7 PLC系统和组成 .....   | 357 |
| 12.8 PLC类型 .....      | 362 |
| 12.9 继电器逻辑与梯形逻辑 ..... | 363 |
| 12.10 计算机数字控制 .....   | 368 |
| 12.11 自动追踪 .....      | 370 |
| 12.12 网络通信 .....      | 374 |
| 12.13 小结 .....        | 375 |
| 简答题 .....             | 376 |
| 应用题 .....             | 377 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 附录12.1 车削G代码 .....       | 378 |
| 第13章 制造中的质量和人力资源问题 ..... | 380 |
| 13.1 质量基础 .....          | 380 |
| 13.2 全面质量管理 .....        | 384 |
| 13.3 质量工具和过程 .....       | 387 |
| 13.4 零缺陷设计理论 .....       | 394 |
| 13.5 变化的生产力 .....        | 396 |
| 13.6 自我指导小组 .....        | 397 |
| 13.7 小结 .....            | 400 |
| 简答题 .....                | 401 |
| 应用题 .....                | 402 |

# 第一部分

## CIM及制造企业概述

### 本部分目标

本部分的目标是向读者介绍在今天全球经济的情况下，制造企业所面临的挑战，并且很清楚地给制造系统类型、生产策略以及生产消费品的企业组织下了定义。

因此，学完第一部分后，就会很清楚下面的问题：

- 制造业对美国经济的健康和目前的高生活水平是至关重要的。
- 为了在日渐激烈的全球竞争中能胜出，制造企业需要面对残酷的内部和外部挑战。
- 从某种程度上来说，计算机集成制造（CIM）的生产观念对大部分的制造企业的生存是必要的。
- 所有的制造系统和生产策略将会从CIM观念（philosophy）的运用中获利。

### 职业前景

本文描述了一个企业的经营过程，即综合使用人力和技术，以生产出产品并投放到市场中去。这些产品与其他地方生产的产品相比，质量上要比美或略胜一筹、交货及时、价格上有竞争优势、能满足用户的需求，以取得令人满意的和具有吸引力的企业形象。为了达到这些标准，企业必须拥有具备广阔教育背景的员工：从高中毕业生到具有大学学位的员工。然而，在设计、生产和产品管理中对技术的应用，使企业偏向于需求学历高于高中的员工。一个企业如果能满足上述那些标准的话，就必须拥有这样的员工：即具有从若干中等教育专业学到的广泛技能的员工；而工程和商业领域中的某些专业具有更高的要求。工程领域的课程包括电学、机械、工业、环境和制造；而商业课程包括财经、营销、会计和管理。本课本（教材）广泛而综合地描述了用来生产销往全球的产品制造系统和技术。每一种技术和系统，都需要那些受过良好教育的和具有渊博知识的员工以最有效的方式来运用它，以达到最佳的效果。因此，书中所描述的那类企业会提供令人心动的、带有可观薪水的就业机会。如果你发现本教材所涵盖的不同生产领域中有既有趣又富于挑战的论题，那么你已经找到可以给你提供高薪的工作领域。



# 第 1 章

## 制造企业

### 本章目标

- 给“制造”一词下定义。
- 美国制造业的兴衰。
- 制造企业所面临的外部挑战。
- 一种可以用来应对外部挑战的制造策略。
- “赢取订单准则”和“订单资格准则”。
- “特里·希尔”(Terry Hill)模型。
- 一种改变产品生命周期的方法。
- 七大国际制造标准。
- 给定系统参数,计算准备时间、次品的数目、场地利用率和库存周转次数。
- 不提升制造技术将导制的后果。
- “计算机集成制造”或CIM的定义。
- 企业轮的所有要素。
- 工艺段的功能。
- 实施CIM的三个步骤。

### 1.1 概述

本书介绍了关于制造企业及其运行原理方面的内容,在全球市场驱动经济的今天,这些原理对于面临竞争的制造商来说是必要的。自然首先要给“制造”下个定义:

制造是指包括产品设计和做出文档、材料选取、计划、生产、质量保证、管理和产品销售等一系列相关的活动的集合。

制造的基本目的是在可以获利的基础上,用这些活动将原材料转化成最终产品。有效的转化能力决定了企业的成功。历史上有许多这样企业的例子:大的企业和小的企业,未能将在价格上、质量上具有竞争力和交货及时的产品投放到市场。制造商从来不想使自己的产品或公司失败,然而为什么有的企业成功和兴旺了而有的却衰败和倒闭了呢?毫无疑问,造成这些失败的原因很多,但是,通过对美国制造业的研究说明存在一些共同的因素导致了这些失败。美国的企业在战后的20世纪50年代和60年代的垄断市场上取得了成功,这些辉煌岁月取得的成功导致了美国企业的自满,这些自满导致了美国企业在20世纪70年代和80年代的开放市场条件下无竞争力的局面。

吸取20世纪70年代和80年代的经验教训,整个美国制造业发生了很多变化。这种变化开始于跨国公司,随后进入较小的集团公司。实施了这些改进型生产策略后,美国制造业在20世纪

90年代中期重新取得了领先地位，并将在本世纪一直处于领先地位。

来自日本和德国的国外竞争对手从战后的灰烬中崛起，并在平等的基础上建立起了与北美对手相抗衡的工业巨人。当日本在20世纪60年代开始渗透到世界市场时，美国的制造商们却拒绝在制造方法论上作必要的改变，以维持他们的领先地位。回顾美国过去50年的制造业历史，可以得出：为了在全球市场保持强劲的竞争力，需要对制造理论作一些必要的修改。

### 制造业衰退的三个阶段

在越战时期，伴随着像收音机和录音机之类的电子消费品的出现，美国产品的优势地位开始了第一个阶段的衰退，这一衰退持续了好几年的时间。名牌产品如松下和索尼开始频繁地出现在美国市场上，并取代了通用电气和美国广播公司的产品。美国的制造商错误的认为廉价的劳动力和中央政府的支持是日本能够生产出这些低成本消费品的原因。虽然日本确实有廉价劳动力的优势，但是其国内的制造商也研究出了高效的制造方法和质量体系。

第二个阶段的衰退开始于日本人对美国产品的成功仿制。在这一阶段，日本人仿制了美国的产品，并且以较低的成本向美国的消费者提供了类似的、高质量的产品。除了表1-1所示的例子之外，在汽车工业中采用的手段尤为明显。别的国家也将这种做法作为进入美国市场的一种途径。在1973年的石油危机当中，由于美国消费者们倾向于便宜、耗油更低的进口货，汽车市场就向日本和德国的汽车制造商敞开了。并且，消费者发现这些产品要比在美国生产的同类产品更具优势。

表1-1 技术的流失：在此处发明，在别处生产。在20世纪70年代，  
美国人是世界上主要的发明者和生产者

| 美国发明的技术 | 美国制造商的市场占有率 (%) |      |      |      |
|---------|-----------------|------|------|------|
|         | 1970            | 1975 | 1980 | 1987 |
| 照相机     | 90              | 40   | 30   | 1    |
| 彩色电视机   | 90              | 80   | 60   | 10   |
| 机床      | 99              | 97   | 79   | 35   |
| 电话      | 99              | 95   | 88   | 25   |
| 半导体     | 89              | 71   | 65   | 64   |
| 计算机     | N.A.            | 97   | 96   | 74   |

第三个阶段的衰退发生在与国外公司的竞争中，开始于20世纪80年代后期，并且以产品的快速开发和生产具有高利润的高档产品的生产为特征。在生产的产品当中，国外的公司一直提供具有国际级质量、设计和性能，而且价格优异的产品。比如，这些产品包括丰田和梅赛德斯-奔驰的轿车，索尼和飞利浦的音像设备，医药和金属加工设备等等。这些很有竞争力的国际级公司证明了它们能够在生产竞争中对付任何情况。

### 复苏

美国在20世纪90年代重新获得制造业的领头羊地位有着诸多原因，比如商业的、经济的其他政治方面的。下面就列举了美国重新取得制造业主导地位最重要的一些因素。

#### 经济因素

经济因素如下：

- 解除了对能源和通信市场的管制。

- 工资压力和原材料价格的下降以及能源管制的解除降低了通货膨胀率。
- 在过去10年中存款利率的下降。
- 由于金融机构无节制地从事房地产和公司贷款业务，导致了亚洲经济的崩溃。

#### 商业因素

商业因素如下：

- 在许多市场上有竞争力的公司与其互补的公司的联合。
- 美国公司的重组。
- 新的、不断扩大的科技领先地位。
- 美国公司与国外公司的合作。
- 许多企业集团采用了CIM概念。
- 联合、重组、科技、CIM和较好的劳动力管理使生产率得到了提高。

#### 政治因素

政治因素如下：

- 与欧盟的联合。
- 开放封闭市场的压力。

综合考虑以上因素，使美国的工业基础准备良好地在全球市场上参与竞争。

### 产品和工艺目标

二战后美国制造商的成功，其主要原因得益于战争以及与战后经济相关的垄断市场所形成的技术和工业基础。

在这一时期，美国研究经费的2/3被用作产品的开发，同时其余的资金又被用于发展技术以改进产品的制造方法；这样一来，在美国工业界，交通运输和消费电子领域创新的产品层出不穷。相比之下，欧洲和日本的企业由于受到战争精力的消耗，无法同美国的创新资源相抗衡。于是，那些重建工业基础的国外企业，将主要的研发精力放在了对制造工艺的改进上。将产品创新让位给美国，日本和德国的企业热衷于制造技术和制造系统的研究，以生产质优价廉的产品。与此同时，美国的企业在以牺牲了改进加工工艺和制造技术为代价的情况下，继续强调产品的开发研究。结果，美国制造商几乎能够凭借这些新颖的产品占领市场，当产品到达成熟的市场时，他们没有准备成为廉价高质量的产品的生产商。表1-1所列出的项目就是一类很好的例子：虽然这些产品是在美国研发出来的，但由于美国公司相对较次的制造技术和生产系统，所以竞争时仍输给日本和其他的国外公司。世界级产品的性能标准是建立在良好的生产和制造系统上的，因为单独的创新不足以保证产品在市场中的优势地位。

为了更具竞争力，一个制造商必须清楚地意识并迎接两类挑战：外部的和内部的。如果制造商在这些挑战中失败的话，则国家就会成为那些经久耐用消费产品的纯粹输入国，而不是纯粹的输出国。从这个观点出发，一个国家的生活水平就会落后于别的工业化强国的生活水平。

### 1.2 外部挑战

外部挑战来自于企业的外部压力和条件，如图1-1所示。主要的外部挑战包括：新的市场参与者、传统的竞争对手、供应商、合作公司和联盟公司、用户、全球经济、资金成本以及因特网。下面详细地研究每一种挑战。

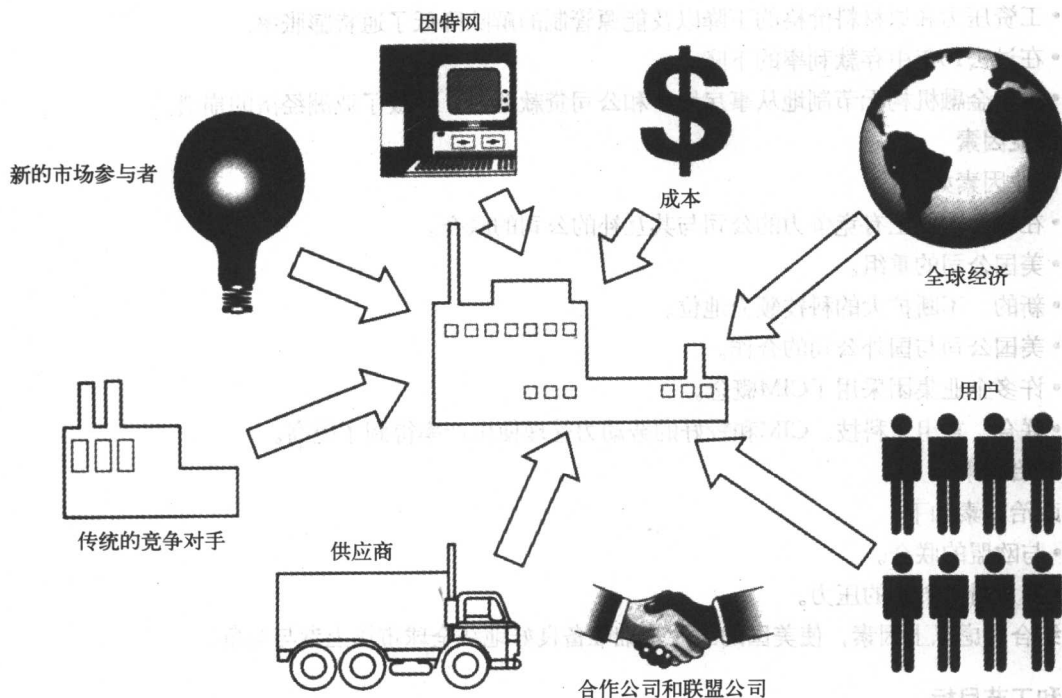


图1-1 外部挑战

公司一般都会有自己的被当作“摇钱树”(cash cow)的产品系列,这些产品具有较高的利润,支撑着其他产品系列。一个成功的“摇钱树”产品是由一系列因素决定的,这些因素包括:市场的优势,技术的优势,专利保护,或者根本没有竞争对手可言。在20世纪50年代后期到60年代,IBM公司的大型计算机系列产品就是一个很好的例子。然而,到了60年代后期和70年代早期,IBM公司的一位员工意识到进入该市场的潜在利润,就创办了自己的Amdhal公司,开始在该市场与IBM公司竞争。微软公司的Windows操作系统是另一个“摇钱树”的例子,在20世纪90年代后期,一家小公司——Red Hat Software开始推出一个具有竞争力的操作系统——Linux;尽管不清楚Linux会从微软公司那里分得多少市场份额,但这确实是一个抓住市场契机的例子。今天随处可见的生产和设计技术,以及因特网可以触及到全球,使得像Amdhal和Red Hat Software之类的小公司,能够瞄准市场机会开发出新产品,从而与原先的生产者进行竞争。

传统的竞争对手继续对制造业构成挑战。制造商往往指望传统的竞争对手的无知能带来喘息的机会,然而,这种时代已经一去不复返了。比如,一家来自中西部的产品设计和研发公司所作的一份调查显示:产品在经过竞争进入市场六个月后其税后利润会降低33%。由于每个公司都能找到增加市场份额的技术,且能付得起购买此技术的费用,所以当前传统竞争对手所构成的挑战,比以往任何时候都要激烈。

另外一种外部挑战来自供应商。一般来说,许多公司都是根据价格差异来购买零部件然后组装,因此就会在低价格的基础上选择销售商。在这种价格差异的模式下,这些供应商频繁而大量地更换。价格始终将成为一项因素,比如,前面那份中西部公司的调查也显示:在产品生命周期中,若其产品价格比其他竞争者高9%,则其利润就会同比下降22%;然而,除了确定一个具有竞争力的产品价格外,今天的供应商们必须要满足:最低程度的次品,可预测的交货时间和缩短的产品设计时间。企业所面临的挑战就是建立较少的但可以合作的采购商与供应商关系,以满足生产者和最终消费者的需求。供应商的挑战往往通过一个称之为“供应链管理”的过程来解决。