

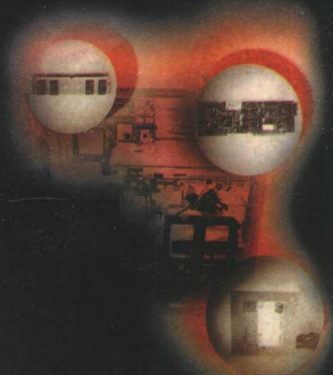
辽 宁 科 学 技 术 出 版 社

薛劲松 / 著

DANGDAIQINGNIAN KEPUWENKU

企业腾飞的翅膀

——制造自动化

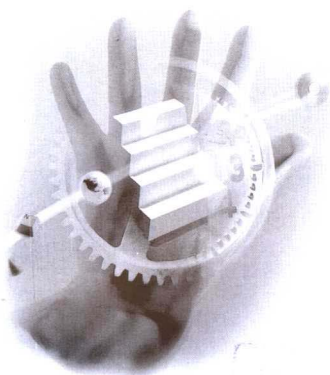




腾飞的翅膀

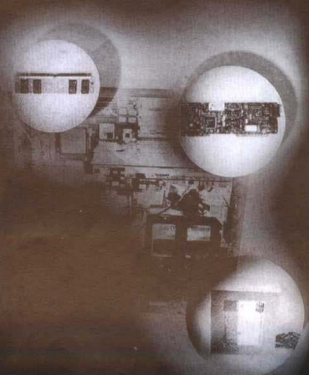
4140035970

——制造自动化



当代

文科普



图书在版编目(CIP)数据

企业腾飞的翅膀:制造自动化/薛劲松著. - 沈阳:辽宁科学技术出版社,1999.12

ISBN7-5381-2593-0

I. 企… II. 薛… III. 制造工业-自动化技术-概况
IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 10566 号

辽宁科学技术出版社出版、发行
(沈阳市和平区北一马路 108 号 邮政编码 110001)

山东新华印刷厂印刷

开本:850×1168 毫米 1/32 字数:140 千字 印张:5 $\frac{3}{4}$
印数:1~5000

2000 年 3 月第 1 版

2000 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑:刘 红	杨廷郊	刘绍山	版式设计:于 浪
装帧设计:谢 颖	邹君文		责任校对:周 文

定价:9.00 元

邮购咨询电话:(024)23263845

出版一套面向广大青年的科普图书,是许多地方科技出版社萦怀已久的愿望,但是由于种种原因,一直没有哪一家出版社独自将之付诸实施,这常常让我们引为憾事。1995年,新闻出版署确定了《当代青年科普文库》为国家“九五”出版重点选题,才使我们有机会通过联合出版的方式了却大家的夙愿。

今天,世界处在科学技术飞速发展、社会生活瞬息万变的时代。处于高科技时代的青年人,通过耳濡目染或者孜孜以求,已经打开了曾经狭窄的眼界,而从各种不同的途径汲取知识,丰富自己,以求得多元的而不是单一的知识结构。将会影响21世纪人类命运和前途的高新科学技术知识,便成为他们涉猎的热点。青年人清醒地认识到,21世纪是青年人的世纪,他们背负着时代赋予的重大责任,而科学技术知识恰恰能开发他们担负起这种责任的巨大潜能。

地方科技出版社承担着向青年人系统地进行科学普及教育的重要任务,这是具有使命性的任务。科学普及事业直接影响着社会进步和民族兴衰。翻开历史的卷页,许多事实都证明,科学技术对社会的影响既取决于科学技术的发展水平,又取决于科学技术被公众理解的程度,所以说,科学普及与一切科学活动、科学成就具有等量齐观的价值。我们注意到,由于现代科学技术发展迅速,知识更新日益加快,自然科学的各分支学科之间、自然科学与社会科学之间的融合愈加紧密,再像过

去那样仅向青年人介绍一般的科学常识已经不足以提高他们的科学文化素质。因此,《文库》除介绍了当代科学技术的重要知识内容,并竭力避免浮光掠影地粗浅描述外,还十分注重一定层次的整体描述,企望以此引导青年朋友改变传统的、陈旧的思想观念,确立新的科学理念、科学精神、科学方法和科学的思维方式。

在人类社会发 展进程中,科学技术从来不是孤立存在的,它是社会文化的重要组成部分。今天,人们越来越重视科学技术的文化意义,这对当今社会的进步具有重大意义。我们力求把科学技术放到大的文化背景中,采用合理的文化观念描述人类、自然、社会相互间的关系,使当代青年从单纯了解科学技术事实的局限中解脱出来,看到科学技术更为广阔和动人的图景。

《当代青年科普文库》的前期准备工作进行了将近两年,总体策划工作组在广泛调查研究的基础上,拿出了选题设想和文库整体编辑方案,之后多次进行了充分的讨论并召开专家论证会,确定了最后的选题编辑方案,这一方案经过地方科技出版社社长、总编年会通过后才正式加以实施。参加这一工程的共有 27 家地方科技出版社。

在《文库》即将全部付梓之际,我们倍觉欣慰。与此同时,我们对在《文库》策划、编辑、出版过程中,给予关心和其中宣部出版局、新闻出版署图书司和中国版协科技委员会的领导表示敬意和感谢;对应邀担任《文库》顾问的各位领导和科学家表示诚挚的谢意;对在很短的时间内编写出高质量稿件的各位作者表示衷心的感谢;对承担《文库》编辑、出版工作的各地方科技出版社的领导、责任编辑致以深切的慰问。作为跨世纪的大型科普书,这是我们奉献给当代青年的一份礼物,希望他们能够喜欢这份礼物。

中国出版工作者协会
科技委员会地方工作部

1999 年 6 月

从瓦特发明蒸汽机(实际上是蒸汽机上的一种自动化装置——离心式调解器)时开始,逐渐形成了现代制造业,从此自动化技术就与制造业结下了不解之缘。现在已形成了丰富多彩的一个技术分支——制造自动化技术。

历史表明,制造业的几次革命都是由技术进步引发的,传统制造业曾一度被称为夕阳工业,是自动化技术、信息技术等使其起死回生,焕发了青春,于是人们把制造自动化技术誉为“企业腾飞的翅膀”、“企业发展的催化剂”等等。总之一句话,制造业需要自动化技术,自动化技术也在为制造业服务的过程中不断发展。自动化水平已成为衡量一个企业总体水平的主要标志之一。

当前,科教兴国已成为我们的国策,国有企业(尤其是国有制造业)是当前国民经济发展的一大难点。用科学技术振兴国有大中型制造业对当代科技人员当然是责无旁贷,任重而道远,当代人的未竟事业也必将落在下一代人肩上。

那么,自动化技术在制造业中已经有哪些应用呢?在全球市场、全球制造的形势下,制造业对自动化技术又提出了哪些新的需求呢?这些需求将如何满足呢?本书将给予全面的回答。

计算机出现后,人类开始进入了信息时代。可以说,信息技术的发展使自动化技术如虎添翼,人工智

能技术等又使自动化技术锦上添花。自动化技术已渗透到制造业的各个方面，不仅用于制造设备、制造过程的控制，也用于工程设计和企业管理，不仅代替人的体力劳动，也在逐渐代替人的脑力劳动，支持人的思维决策行为，在制造业中发挥了越来越大的作用。

自动化技术是一种工具，它可以支持先进的制造模式，也可以支持落后的模式。自动化技术一旦与先进的制造模式结合就可以创造出惊人的奇迹。本书的重点在计算机集成制造系统——CIMS，因为它是迄今已有的制造自动化成果的集大成，代表了当今制造自动化的最高水平，也是实现更先进的制造模式的基础。

本书以自动化技术与信息技术相结合的方式全面介绍了自动化技术在制造业中的应用。系统的观点、系统的方法贯穿了全书的始终。本书第一部分概括介绍了制造业的发展历程及自动化技术的作用，第二部分分析了制造业的竞争形势及所面临的机遇与挑战，分析了国内制造业的困难，指出了制造自动化技术是解决这些困难的有效途径之一。在本书的第三部分，我们全面介绍了现有的用于制造业的各种自动化技术成果。第四、五两部分我们用系统的观点对制造业进行了解剖，给出了进行企业系统诊断——系统分析和优化的基本观点和方法。第六、七两部分详细地介绍了计算机集成制造系统的基本概念、意义和作用、系统的总体结构以及构成 CIMS 的各个分系统。本书的最后一部分，即第八部分，就已掌握的资料，概要地介绍了一些新的制造模式，可以把它们看作是 CIMS 的进化，也是未来制造自动化的发展方向。

中国科学院沈阳自动化研究所隋铁亮、宋宏、史海波等同志参加了本书的编写工作，赵丽娟女士等也为本书的出版做了大量有益的工作。对本书的完成，我们衷心感谢辽宁科学技术出版社的领导和刘绍山编审，没有他们的坚持、督促和鼓励，我们实在难以完成本书的编写工作，他们对本书的指导性审查，加快了本书出版过程。

尽管如此，由于时间紧迫，作者的水平所限，本书仍然还会有许多缺点和错误，敬希专家和读者批评指正。

作 者

1999 年 12 月

从蒸汽机说起——制造自动化的发展历程	(001)
自动化由来已久	(001)
制造业的发展	(002)
技术进步不断引发制造业的革命	(003)
企业管理与制造过程自动化同步发展	(004)
制造自动化	(007)
机遇与挑战——企业在竞争中面临生与死的考验 ...	(011)
美国制造业的重新崛起	(011)
制造业面临新的挑战	(012)
制造业面临的新环境	(012)
制造业面临的主要任务	(014)
我国制造业呼唤制造自动化	(016)
产品开发设计方法和技术手段落后	(016)
生产工艺技术装备陈旧	(017)
管理落后	(017)
自动化系统和装备的成套能力差	(019)

危机与机遇并存	(019)
信息时代——制造业发生了巨变	(022)
走进信息时代	(022)
计算机使制造自动化如虎添翼	(023)
计算机在企业管理中的应用	(024)
管理信息系统 (Management Information System, MIS)	(024)
物料需求计划 (Material Requirement Planning, MRP)	(025)
制造资源计划 (Manufacturing Resources Planing, MRP - II)	(026)
企业资源计划 (Enterprise Resources Planing, ERP)	(026)
设计自动化——计算机在工程设计中的应用	(027)
计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD)	(027)
计算机辅助工艺过程设计 CAPP	(028)
计算机辅助制造 CAM	(029)
车间自动化	(031)
数控 (Numerical Control, NC) 机床	(031)
加工中心	(033)
机器人	(033)
DNC 系统	(034)
柔性制造系统 (FMS) 和柔性制造单元 (FMC)	(035)
并联机床	(036)
自动化物流与仓储系统	(038)
分布式控制系统	(040)
站在金字塔顶部——以系统的观点看制造业	(042)
初谈系统和系统工程	(042)
系统	(042)
系统工程	(044)
制造企业是一个十分复杂的大系统	(045)
制造业的生产经营体系	(045)

解剖企业流程	{049}
企业系统的结构	{051}
企业的生产经营活动的组织分工	{051}
制造企业系统结构	{054}
企业系统的分类	{055}
企业系统分析和系统优化	{061}
企业系统分析——系统诊断	{061}
企业系统分析	{062}
企业现状分析	{062}
企业存在问题及对策分析	{064}
系统优化	{075}
系统的全局优化	{076}
谈谈自动化孤岛	{079}
未来的工厂——CIMS	{081}
什么是 CIMS	{081}
CIMS 与计算机综合自动化制造系统	{082}
CIMS 与无人工厂	{083}
CIMS 与 CIM	{084}
CIMS 的关键是集成	{085}
CIM 哲理适用于各种制造业	{087}
CIMS 的作用	{089}
CIMS 对企业的支持	{089}
CIMS 的意义	{092}
CIMS 的效益分析	{094}
CIMS 的局限性	{096}
CIMS 的基本要素及其在 CIMS 中的作用	{097}
技术在 CIMS 中的作用	{098}
管理在 CIMS 中的作用	{099}

人在 CIMS 中的作用	(100)
CIMS 三要素的集成	(101)
走进 CIMS 世界——CIMS 的构成	(103)
CIMS 的总体结构	(105)
CIMS 的递阶控制结构	(105)
信息系统的层次结构	(107)
CIMS 的二维层次结构	(108)
生产经营管理分系统	(110)
生产经营管理分系统的覆盖范围和功能	(110)
CIMS 中对生产经营管理分系统的特殊要求	(111)
工程设计分系统	(113)
产品设计	(114)
CAD/CAPP/CAM 的集成及与 CIMS 其他分系统的集成	(116)
产品数据管理 PDM	(117)
工装设计	(120)
车间自动化分系统	(120)
车间功能	(121)
层次结构	(121)
质量保证分系统	(124)
质量保证分系统的覆盖范围	(125)
质量保证分系统的功能	(125)
计算机支撑分系统	(128)
计算机系统	(129)
计算机通信网络	(131)
CIMS 中的数据管理	(138)
CIMS 的集成平台	(141)
不同企业 CIMS 构成的差异	(144)
CIMS 构成的行业差异	(144)

CIMS 构成的规模差异	(147)
21 世纪的制造自动化	(150)
多种制造模式百家争鸣	(150)
制造模式的概念	(151)
制造模式的性质	(151)
CIMS 的演变	(152)
并行工程	(153)
并行工程产生的背景	(153)
并行工程定义	(154)
并行工程的特点	(155)
敏捷制造	(157)
敏捷制造的概念	(157)
敏捷制造企业的特点	(158)
敏捷供应链(Agile Supply Chain)	(159)
虚拟企业	(160)
精良生产	(164)
智能制造	(165)
智能制造概述	(165)
多智能体(Multi - Agent)系统	(166)
整子系统(Holonic System)	(167)
参考文献	

从蒸汽机说起

——制造自动化的发展历程

■自动化由来已久

在近代科学技术史上，尤其在许多自动化方面的教科书中，都把瓦特在 1787 年发明的安装在蒸汽机上的离心式调解器，看作具有重大意义的一种典型的自动装置。因为它使蒸汽机成为一种实用的有效的动力机器，从而引发了第一次工业革命。

自动化一般是指在生产、管理、科研、生活等各种活动中，在没有人干预的情况下，通过一定的技术装置，按照预定的规则，就能达到预定的目标，从而提高效率的过程。在此过程中，人的体力劳动或脑力劳动得到减轻。

自动化的历史可以追溯到很早很早以前。两千多年前，我国西汉时期，就有了指南车、计里鼓车。东汉时期的著名科学家张衡发明了采用齿轮系统的浑天仪，可以模拟天体的运动。在今天看来，这些古代的自动化装置虽然比较简单，但都具有自动控制的思想。

从瓦特时代算起，历史过去了 200 多年，自动化技术不断在广度和深度两个方面蓬勃发展，现在的自动化装置和系统已

广泛用于人类活动的各个领域,成为提高劳动生产率的强大手段。自动化是现代化的主要内容之一,自动化水平已成为一个国家的经济发展、国防实力的重要标志之一。自动化水平也是衡量一个企业的水平和能力的主要标志之一。

按自动化技术应用领域的不同,人们常说工厂自动化、办公自动化、家庭自动化等等,其中工厂自动化或者说制造自动化,面向整个制造业,是本书讨论的重点。

■制造业的发展

制造业是将可用资源与能源,通过制造过程转化为可供人们使用或利用的工业品的行业,它在国民经济发展中举足轻重。据统计,当今世界上 70% 的财富是由制造业“制造”出来的。按通常理解,所有的工厂企业都属于制造业,所以工厂自动化(Factory Automation, FA)也可称为制造自动化。把制造业仅仅理解为机械加工行业是非常狭隘的,事实上,除传统的机械加工行业外,冶金、化工、轻纺、电子、医药、食品、航空航天、军工、建材、汽车、机车、轮船、水电设备生产等行业都属于制造业。

自从 19 世纪工业革命以来,制造业经历了发展、辉煌和衰退几个过程。由于制造业本身劳动密集型、资金密集型的特点,制造的母体设备和过程以及参与制造的劳动者不能适应产品更新换代的要求,跟不上市场竞争变化和社会快节奏的需求,加上能源和环境污染等诸多问题,到本世纪 80 年代,制造业逐渐衰退,被称为夕阳工业。随着计算机信息技术的发展并成功地运用于制造业,自动化水平提高, CAD、CAPP、CIMS 等技术使制造业焕发了第二次青春,世界各国都在竞相发展制造业。人类进入 21 世纪后,制造业的发展水平仍然是

衡量一个国家国民经济和生产力发展总体水平的重要标志。

技术进步不断引发制造业的革命

在石器时代，人类利用天然石料制作劳动工具，以采集利用自然资源作为主要生活手段。到青铜器、铁器时代，人们开始采矿、冶炼、铸造工具、织布，满足以农业为主的自然经济的需要，采取的是作坊式手工业的生产方式，生产用的原动力主要是人力，局部利用水力和风力。

瓦特发明蒸汽机后，纺织业、机器制造业才取得革命性的变化，促进了工厂的形成和劳动力的集中，在极大的程度上把人类从低效的体力劳动中解脱出来，引发了第一次工业革命，近代工业化大生产开始出现，英国的制造系统代表了当时世界制造业的方向。

1860年到1930年之间出现了第二次工业革命。这期间的代表性进步是：

- 工程材料的革命，从以铁为主转向以钢为主。
- 内燃机的发明，使汽车进入了家庭。
- 电能的广泛利用。

1820年奥斯特发现电磁效应，安培提出电流相互作用定律，1831年法拉第提出电磁感应定律，1864年麦克斯韦尔电磁场理论的建立，为发电机、电动机的发明奠定了科学基础，带来了电能的广泛利用。以电作为动力源，改变了机器的结构，开拓了机电制造技术新局面。

- 消费品的大规模生产。

经过第二次工业革命，制造业从简单的工业品生产到复杂工业品的生产，形成了以美国为代表的大规模生产方式。

计算机的出现触发了第三次工业革命。计算机的应用使自动化技术发生了质的飞跃，在制造自动化的范围内，陆续出现

了许多机电一体化系统和装置，如 1952 年出现了第一台数控机床，1962 年第一台机器人在通用汽车公司投入运行，1969 年出现了第一个柔性制造系统，等等，都是自动化技术的发展。

企业管理与制造过程自动化同步发展

在制造业的发展历程中，制造技术、制造装备本身的发展与企业的管理的发展几乎是同步进行的，是互相促进的。我们知道，管理是共同劳动的产物。凡是有组织、有目的的共同劳动和集体活动，都需要管理，以统一步调，并按一定要求达到预期的目标。共同劳动和集体活动的规模越大，分工越精细，协作面越广，管理工作就越复杂，越重要。制造业管理的发展大体可分为三个阶段。

19 世纪末之前，制造业基本处于经验管理阶段。当时，生产力水平低下，生产过程简单，分工不明显，生产规模小，另外来自外界因素的影响相对比较简单，工厂全部管理（包括生产经营和人员管理等）全凭工厂主的经验。随着生产的发展，生产规模的扩大，企业的经营管理模式都在逐渐改变。

19 世纪末 20 世纪初的第二次工业革命中，以汽车的发明和生产为标志，制造业进入了大批量生产时代，出现了流水生产线，社会分工也日趋明确。由于新的生产技术的应用，经验管理已经不能适应生产的需要，泰勒管理方法应运而生，开创了现代管理阶段。这一阶段一直延续到 20 世纪 50 年代。

作为科学管理之父，泰勒最先提出了科学管理理论。他在 1911 年发表的《科学管理原理》一书中系统地总结出如下观点和方法：

在动作研究的基础上，进行劳动方法的标准化，在时间研究的基础上科学地利用工时；实行有差别的计件工资制度，按