

国外大学优秀教材 —— 工业工程系列 (翻译版)

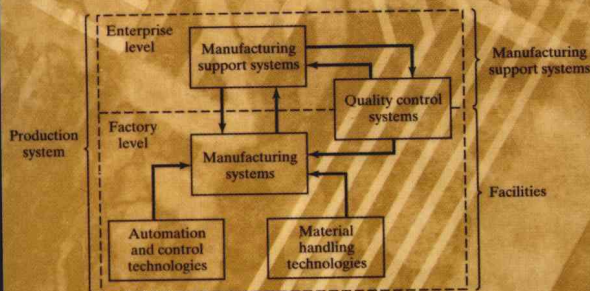
自动化、生产系统与计算机 集成制造 (第2版)

Mikell P. Groover 著

许嵩 李志忠 译

Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing

Second Edition





国外大学优秀教材——工业工程系列（翻译版）

自动化、生产系统与计算机 集成制造（第2版）

Mikell P. Groover 著

许嵩 李志忠 译

清华大学出版社
北京

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2008-5916

Authorized translation from the English language edition, entitled AUTOMATION, PRODUCTION SYSTEMS, AND COMPUTER-INTEGRATED MANUFACTURING, Second Edition, 0-13-088978-4, by MIKELL P. GROOVER, published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall, Inc., copyright 2001.

All Rights Reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS Copyright © 2009.

本书中文简体翻译版由培生教育出版集团授权给清华大学出版社出版发行。未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

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。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

自动化、生产系统与计算机集成制造/(美)格鲁瓦(Groover, M. P.)著;许嵩,李志忠译.
—2版. —北京:清华大学出版社, 2009.6

书名原文: Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing
(国外大学优秀教材. 工业工程系列; 翻译版)

ISBN 978-7-302-19529-0

I. 自… II. ①格… ②许… ③李… III. ①生产过程—自动化系统—高等学校—教材
②计算机集成制造—高等学校—教材 IV. TP278 TH166

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 018071 号

责任编辑: 张秋玲

责任校对: 赵丽敏

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社
http://www.tup.com.cn
c-service@tup.tsinghua.edu.cn
社总机: 010-62770175
投稿咨询: 010-62772015

地址: 北京清华大学学研大厦 A 座
邮编: 100084

邮购热线: 010-62786544
客户服务: 010-62776969

印刷者: 北京市清华园胶印厂

装订者: 三河市金元印装有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 185×230 印张: 30.5

版次: 2009年6月第2版

印数: 1~3000

定价: 59.80 元

字数: 660 千字

印次: 2009年6月第1次印刷

本书如存在文字不清、漏印、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: 010-62770177 转 3103 产品编号: 010321-01

前言

本教材系列的出版正值中国学术界工业工程学科经历巨大发展、实际工作中对工业工程的概念、方法和工具的使用兴趣日渐浓厚之时。在实际工作中有效地应用工业工程的手段将无疑会提高生产率、工作质量、合作的满意度和效果。

该系列中的书籍对工业工程的本科生、研究生和工业界中需要解决工程系统设计、运作和管理诸方面问题的人士最为适用。

Gavriel Salvendy
清华大学工业工程系
普渡大学工业工程学院(美国)
2002 年 4 月

关于作者

Mikell P. Groover 是美国里海大学(Lehigh University)工业与制造系统工程系教授,也是该校制造技术实验室主任。Mikell P. Groover 于 1961 年在里海大学获得理学学士学位,1962 年获得机械工程学士学位,1966 年和 1969 年分别获得工业工程硕士学位和博士学位。1972 年,他成为宾夕法尼亚州的注册工程师。Mikell P. Groover 教授曾经在柯达公司做过全职制造工程师。自从进入里海大学以来,他为很多大公司做过一系列咨询、研究以及合作项目的工作,包括英格索兰公司(Ingersoll-Rand)、美国空气化工产品有限公司(Air Products & Chemicals)、伯利恒钢铁公司(Bethlehem Steel)和好时食品(Hershey Foods)等。

Mikell P. Groover 的教学和研究领域包括制造工艺、金属切削原理、自动化与机器人、生产系统、物料搬运、设施规划以及工作系统。他获得过很多教学奖项,其中包括美国工业工程师学会(Institute of Industrial Engineers, IIE)的 Albert Holzman 杰出教学奖。他在《工业工程》(*Industrial Engineering*)、《工业工程学会学报》(*IIE Transactions*)、《北美制造研究会议论文集》(*NAMRC Proceedings*)、《美国机械工程师协会学报》(*ASME Transactions*)、《IEEE 综览》(*IEEE Spectrum*)、《生产系统国际期刊》(*International Journal of Production System*)、《大英百科全书》(*Encyclopaedia Britannica*)、《制造工程师协会技术论文》(*SME Technical Papers*)等著名期刊共发表了 75 篇论文。Mikell P. Groover 还在业余时间撰写了关于制造与自动化方面的教科书。他的专著已经翻译成法语、德语、韩语、西班牙语、葡萄牙语、俄语、日语和汉语。Mikell P. Groover 编写的《现代制造基础》(*Fundamentals of Modern Manufacturing*)获得了 1996 年美国工业工程师学会的 IIE Joint Publishers Award 奖,同时获得美国制造工程师协会的 M. Eugene Merchant Manufacturing Textbook Award 奖。

Mikell P. Groover 博士是美国工业工程师学会、机械工程师协会、制造工程师协会以及北美制造研究学会的会员,也是 IIE 和 SME 的特别会员。

作者已出版的专著:

Automation, Production Systems, and Computer-Aided Manufacturing. Prentice Hall, 1980.

CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing. Prentice Hall, 1984 (Co-authored with E. W. Zimmers, Jr.).

Industrial Robotics: Technology, Programming, and Applications. McGraw-Hill, 1986 (Co-authored with M. Weiss, R. Nagel, and N. Odrey).

Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing. Prentice Hall, 1987.

Fundamentals of Modern Manufacturing's Materials, Processes, and Systems. Prentice Hall, 1996.

目 录

1 概论	1
1.1 生产系统设施	2
1.1.1 小批量生产	4
1.1.2 中等批量生产	5
1.1.3 大批量生产	5
1.2 制造支持系统	6
1.3 生产系统中的自动化	8
1.3.1 自动化制造系统	8
1.3.2 计算机化的制造支持系统	10
1.3.3 为什么实行自动化	11
1.4 生产系统中的人工作业	12
1.4.1 工厂操作中的人工作业	12
1.4.2 制造支持系统中的人工作业	14
1.5 自动化的原则和策略	14
1.5.1 USA 方法	15
1.5.2 自动化与生产系统的 10 个策略	16
1.5.3 自动化转移策略	17
1.6 本书的结构	18
参考文献	20
2 制造操作	21
2.1 制造工业与产品	25
2.2 制造操作	27
2.2.1 加工和装配操作	28

2.2.2 工厂中的其他操作	29
2.3 产品与生产的关系	31
2.3.1 产品数量与产品种类	31
2.3.2 产品和零部件的复杂性	31
2.3.3 制造工厂的能力和限制	34
2.4 生产的概念与数学模型	35
2.4.1 生产率	36
2.4.2 生产能力	37
2.4.3 利用率与可用率	39
2.4.4 制造提前期	40
2.4.5 在制品	42
2.5 制造操作的成本	42
2.5.1 固定成本与可变成本	42
2.5.2 直接劳动、原材料和管理费用	43
2.5.3 设备使用成本	45
参考文献	47
附录	47
习题	49
3 自动化概述	53
3.1 自动化系统的基本组成要素	55
3.1.1 完成自动化过程所需的能源	55
3.1.2 指令程序	57
3.1.3 控制系统	59
3.2 高级自动化功能	61
3.2.1 安全监测	61
3.2.2 维护和维修诊断	62
3.2.3 故障检测与恢复	63
3.3 自动化的层级	65
参考文献	67
4 工业控制系统	68
4.1 过程工业和离散制造工业	69
4.1.1 两类工业中的自动化层级	69
4.1.2 两类工业中的变量和参数	70

4.2	连续控制和离散控制	71
4.2.1	连续控制系统	71
4.2.2	离散控制系统	75
4.3	计算机过程控制	76
4.3.1	控制要求	78
4.3.2	计算机控制能力	79
4.3.3	工业过程控制的层级	82
4.4	计算机过程控制的形式	83
4.4.1	计算机过程监视	84
4.4.2	直接数字控制	84
4.4.3	数字控制和机器人	85
4.4.4	可编程逻辑控制器	86
4.4.5	监控系统	86
4.4.6	分布式控制系统和个人计算机	87
	参考文献	90
5	传感器、执行器及其他控制系统元件	92
5.1	传感器	93
5.2	执行器	95
5.3	模数转换	96
5.4	数模转换	99
5.5	离散数据的输入输出设备	101
5.5.1	触点输入输出接口	101
5.5.2	脉冲计数器和发生器	102
	参考文献	102
	习题	103
6	数字控制技术	104
6.1	数控技术基础	106
6.1.1	数控系统的基本组成	106
6.1.2	数控坐标系统	107
6.1.3	运动控制系统	107
6.2	计算机数字控制	110
6.2.1	计算机数字控制的特点	111
6.2.2	计算机数控系统的机器控制单元	113



6.2.3	计算机数控软件	116
6.3	直接数字控制	116
6.3.1	直接数字控制	116
6.3.2	分布式数字控制	117
6.4	数控的应用	119
6.4.1	机床应用	119
6.4.2	数控的其他应用	123
6.4.3	数控的优点与缺点	124
6.5	数控零件编程	126
6.5.1	数控编码系统	126
6.5.2	手工零件编程	133
6.5.3	计算机辅助零件编程	138
6.5.4	APT 自动零件编程	141
6.5.5	用 CAD/CAM 实现数控零件编程	153
6.5.6	手工数据输入	155
6.6	数控定位系统的工程分析	156
6.6.1	开环定位系统	156
6.6.2	闭环定位系统	159
6.6.3	数控定位的精度	160
	参考文献	163
	习题	163
	附录 APT 编程中的词说明	169
7	工业机器人	179
7.1	机器人结构及相关属性	181
7.1.1	关节和连接	181
7.1.2	机器人的常见结构	182
7.1.3	关节驱动系统	185
7.2	机器人控制系统	186
7.3	末端效应器	188
7.3.1	夹持器	188
7.3.2	工具	189
7.4	机器人中的传感器	190
7.5	工业机器人的应用	190
7.5.1	物料搬运	192

7.5.2 加工操作	193
7.5.3 装配和检验	196
7.6 机器人程序设计	198
7.6.1 示教法编程	198
7.6.2 机器人编程语言	201
7.6.3 仿真和离线编程	205
7.7 工业机器人的工程分析	206
7.7.1 操纵器运动学基础	206
7.7.2 准确度和重复精度	212
参考文献	214
习题	215
8 采用可编程逻辑控制器和个人计算机的离散控制	219
8.1 离散过程控制	219
8.1.1 逻辑控制	220
8.1.2 顺序控制	225
8.2 梯形逻辑图	226
8.3 可编程逻辑控制器(PLC)	229
8.3.1 PLC的组成	230
8.3.2 PLC的操作周期	231
8.3.3 PLC的附加功能	232
8.3.4 PLC编程	232
8.4 使用软逻辑的个人计算机	235
参考文献	237
习题	237
9 制造系统概述	239
9.1 制造系统的组成	240
9.1.1 生产机床	240
9.1.2 物料搬运系统	241
9.1.3 计算机控制系统	244
9.1.4 人力资源	244
9.2 制造系统的分类	245
9.2.1 操作类型	245
9.2.2 工位的数量和系统布局	245

9.2.3	自动化水平	246
9.2.4	零件或产品的种类	248
9.3	分类方法概述	251
9.3.1	第1类制造系统:单工位	253
9.3.2	第2类制造系统:多工位	253
9.3.3	第3类制造系统:生产线	253
9.4	制造进步函数(学习曲线)	254
	参考文献	256
	习题	256
10	单工位制造单元	258
10.1	单工位人工单元	259
10.2	单工位自动化单元	260
10.2.1	无人看管的单元操作的前提条件	260
10.2.2	零件存储子系统与自动零件传输系统	261
10.3	单工位制造单元的应用	264
10.3.1	人工单工位制造单元的应用	264
10.3.2	单工位自动化单元的应用	265
10.3.3	数控机加工中心和车削中心	266
10.4	单工位制造单元的分析	267
10.4.1	工位的数量	267
10.4.2	机器族	272
	参考文献	274
	习题	274
11	成组技术和单元化制造	278
11.1	零件族	280
11.2	零件分类和编码	282
11.2.1	零件分类和编码系统的特点	283
11.2.2	零件分类和编码系统举例	284
11.3	生产流程分析	287
11.4	单元化制造	290
11.4.1	复合零件的概念	290
11.4.2	机器单元的设计	291
11.5	成组技术的应用	294

11.5.1 成组技术的应用	294
11.5.2 工业实践调查	296
11.6 单元化制造中的定量分析	297
11.6.1 阶序聚类法划分零件族和机器族	297
11.6.2 成组单元中的设备布局	301
参考文献	304
习题	306
12 柔性制造系统	312
12.1 什么是 FMS	314
12.1.1 FMS 为什么具有柔性	315
12.1.2 FMS 的类型	317
12.2 FMS 的组成	321
12.2.1 工作站	321
12.2.2 物料搬运与存储系统	323
12.2.3 计算机控制系统	327
12.2.4 人力资源	329
12.3 FMS 的应用和收益	329
12.3.1 FMS 的应用	329
12.3.2 应用 FMS 的收益	332
12.4 FMS 的规划与运行	333
12.4.1 FMS 的规划和设计	333
12.4.2 FMS 的运行	334
12.5 FMS 的定量分析	335
12.5.1 瓶颈模型	335
12.5.2 扩展的瓶颈模式	343
12.5.3 FMS 的规模	347
12.5.4 这个公式告诉我们什么	348
参考文献	349
习题	351
13 手工装配线	357
13.1 手工装配线基础	359
13.1.1 装配工位	360
13.1.2 工件搬运系统	361

13.1.3	生产线节拍	363
13.1.4	对产品种类的处理	364
13.2	其他装配系统	365
13.3	面向装配的设计	366
13.4	单一产品装配线分析	367
13.4.1	重定位的损失	369
13.4.2	线平衡问题	370
13.4.3	工作站的考虑因素	374
13.5	线平衡算法	375
13.5.1	最大候选规则	375
13.5.2	Kilbridge & Wester 法	377
13.5.3	位置加权排序法	378
13.5.4	计算机化技术	380
13.6	混合产品装配线	381
13.6.1	确定装配线上作业人员的数量	381
13.6.2	混合产品装配线的线平衡	382
13.6.3	混合产品装配线中的上线方法	386
13.7	装配线设计中的其他考虑因素	391
	参考文献	395
	习题	396
14	加工生产线和类似自动化生产系统	403
14.1	自动化生产线基础	404
14.1.1	系统结构	405
14.1.2	工件搬运机构	407
14.1.3	存储缓冲	410
14.1.4	生产线的控制	411
14.2	自动化生产线的应用	413
14.2.1	机加工系统	413
14.2.2	系统设计应考虑的因素	415
14.3	无内部存储的加工生产线的分析	416
14.3.1	基本术语和性能指标	417
14.3.2	工作站故障分析	419
14.3.3	公式的启示	422
14.4	有存储缓冲的加工生产线的分析	422

14.4.1	存储缓冲有效性的极限	423
14.4.2	两阶段加工生产线的分析	424
14.4.3	多阶段加工生产线的分析	428
14.4.4	公式的启示	429
参考文献		429
习题		430
15	自动化装配系统	436
15.1	自动化装配系统基础	437
15.1.1	系统结构	437
15.1.2	工作站的零件派送	439
15.1.3	应用	442
15.2	面向自动化装配的设计	442
15.3	装配系统的定量分析	444
15.3.1	工作站之间的零件派送系统	444
15.3.2	多工位装配机	445
15.3.3	单工位装配机	451
15.3.4	部分自动化	453
15.3.5	公式的启示	455
参考文献		456
习题		457
术语中英文对照		463

第1章

概 论

本章内容

- 1.1 生产系统设施
 - 1.1.1 小批量生产
 - 1.1.2 中等批量生产
 - 1.1.3 大批量生产
 - 1.2 制造支持系统
 - 1.3 生产系统中的自动化
 - 1.3.1 自动化制造系统
 - 1.3.2 计算机化的制造支持系统
 - 1.3.3 为什么实行自动化
 - 1.4 生产系统中的人工作业
 - 1.4.1 工厂操作中的人工作业
 - 1.4.2 制造支持系统中的人工作业
 - 1.5 自动化的原则和策略
 - 1.5.1 USA 方法
 - 1.5.2 自动化与生产系统的 10 个策略
 - 1.5.3 自动化转移策略
 - 1.6 本书的结构
- 参考文献

本书主要介绍用于制造产品和装配所需零部件的生产系统。生产系统 (production system) 是指组织实现公司 (或其他组织) 的生产运作所需的人、设备以及流程的集合。

生产系统可以分为两类或两个水平, 如图 1-1 所示。

(1) 生产设施 (facilities)。生产系统的设施由工厂、工厂中的设备及设备的组织方式组成。

(2) 制造支持系统(manufacturing support system)。制造支持系统是用来管理生产,解决原材料采购、物料搬运过程中遇到的技术和物流问题,确保产品达到规定质量标准的一套流程。除此之外,制造支持系统也包括产品设计和其他业务功能。

在现代制造系统中,部分生产系统已经实现了自动化或计算机化。不过,生产系统也包括人,是人使系统得以运作起来的。一般来说,直接劳动者(蓝领)负责操作设备,专业人员(白领)负责制造支持系统的运作。在本章中,我们主要讨论在现代工业实践中生产系统的这两个方面,同时也讨论它们是如何实现自动化和(或)计算机化的。在第2章中,我们将介绍生产系统所执行的各项制造任务。

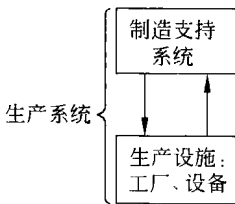


图 1-1 由生产设施和制造支持系统组成的生产系统

1.1 生产系统设施

生产系统设施包括工厂、生产设备、刀具、物料搬运设备、检验设备以及控制生产运作的计算机系统。设施还包括车间的布局,即工厂中各种设备/设施的物理布局。设备通常是按一定逻辑组织在一起的,我们把设备的布局及其操作它们的工人一起称为工厂的制造系统。尽管制造系统可以由单一生产设备和操作工人组成的独立工作单元,但通常情况下,制造系统是由多台机器和多个操作人员组成的,比如一条生产线。制造系统能“接触”产品,直接面向其生产的零件和(或)装配件。

制造企业总是尝试以最有效的方式来组织各种生产设施,更好地为企业的目标服务。在过去这些年,已经出现了一些生产模式,被认为是最佳的组织方式。当然,决定某种制造模式的最重要因素之一是产品的类型。本书主要关注离散零件/产品的生产,较少涉及液态产品(比如化学药品)的生产。我们将在2.1节讨论二者的区别。

就离散产品而言,产品的产量是影响工厂设施规划、生产组织形式的最重要因素。产量(production quantity)是指工厂每年生产的某种零部件或产品的总数量。工厂中某种零部件或产品的年产量可以分为3类。

- (1) 小批量生产: 年产量为1~100件。
- (2) 中等批量生产: 年产量为100~10 000件。
- (3) 大批量生产: 年产量为10 000件以上。

这三类的划分界线并不是很明显(作者的判断)。根据我们所讨论的产品种类的不同,划分的上下限可以浮动一个量级。

许多工厂会生产不同类型的产品,每种类型分别进行小批量或中等批量的生产,而有些工厂则仅大批量、专业化地生产一类产品。将产品的种类作为与产品数量不同的一个参数进行区分是很有意义的。产品的种类(product variety)指的是在工厂中生产的产品的不同