

(美) Gavriel Salvendy

江志斌 易树平 主译

3

HANDBOOK OF
INDUSTRIAL
ENGINEERING Third Edition

工业工程手册

(第3版)



清华大学出版社

(美) Gavriel Salvendy
江志斌 易树平 主译

(第3版)

HANDBOOK OF
INDUSTRIAL
ENGINEERING **Third Edition**

(Volume 3)

工业工程手册

(第3分册)

清华大学出版社
北京

EISBN: 0-471-33057-4

Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management
By Gavriel Salvendy. —3rd ed.

Copyright © 2001 by John Wiley & Sons, Inc.

All Rights Reserved. Authorized translation from the English language edition
published by John Wiley & Sons, Inc.

本书中文简体字版由 John Wiley & Sons 出版公司授权清华大学出版社出版发行。未经出版者书面许可,任何人不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2003-5221

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

工业工程手册. 第3分册/(美)沙尔文迪(Salvendy, G.);江志斌,易树平主译. —北京:清华大学出版社,2007.2

书名原文: Handbook of Industrial Engineering (Volume 3), 3e
ISBN 978-7-302-14006-1

I. 工… II. ①沙… ②江… ③易… III. 工业工程—手册 IV. F402-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 121807 号

责任编辑: 张秋玲

责任校对: 焦丽丽

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编: 100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机: 010-62770175

邮购热线: 010-62786544

投稿咨询: 010-62772015

客户服务: 010-62776969

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市春园印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 153×235 印 张: 59.75 字 数: 1300 千字

版 次: 2007 年 2 月第 1 版

印 次: 2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 220.00 元

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: 018581-01

ABOUT THE EDITOR

原著主编简介

沙尔文迪先生是普渡大学的教授,发表以及合作发表的出版物超过 380 篇,其中包括 190 多篇期刊文章,24 本著作。沙尔文迪教授主要从事提高网络的可用性研究。他的出版物目前已经被翻译成 6 种语言。他是《人机交互》国际期刊、《认知工效学》国际期刊以及《制造业人因与工效学》3 个期刊的创刊编辑,是总部位于瑞士日内瓦的计算机科学中人的因素国际研究协会的创立主席。1990 年,由于他“对工程系统中人因科学认知科学的发展做出具有带领作用的贡献”,沙尔文迪被选举成为人因工效学协会以及国际工效学协会中首位美国工程院院士。1991 年,俄国工程院授予他“Mikhail Vasilievich Lomonosov”奖牌,这是该奖牌第一次授予 USSR 以外的科学家。1995 年,因为他“给中国科学技术的发展带来的巨大贡献和影响”,中国科学院授予他荣誉博士头衔,成为 45 年来科学界和工程界各个领域第 4 个得到这种荣誉的人。沙尔文迪先生得到了很多荣誉,是国际工效学学会、人因工效学社团、工业工程学会以及美国心理学学会的重要成员,在他的建议下,23 个国家的有关组织和公司都开始进行先进技术运用中的人因研究。沙尔文迪先生在英国伯明翰大学的生产工程专业获得博士学位。

顾问委员会

ADVISORY BOARD

Hans-Jörg Bullinger

Professor and Head of Fraunhofer
Institute for Industrial Engineering
(IAO) in Stuttgart and of Institute of
Human Factors and Technology
Management (IAT) of the University
of Stuttgart
Stuttgart, Germany
Hans-Joerg. Bullinger@iao. fhg. de

教授, 所长
弗朗霍夫工业工程研究所
斯图加特大学人因与技术管理研究所
德国斯图加特

John A. Buzacott

Professor
Schulich School of Business
York University
Toronto, Ontario Canada
ibuzacot@bus. yorku. ca

教授
约克大学商学院
加拿大安大略省多伦多

Kenneth E. Case

Regents Professor
School of Industrial Engineering and
Management
Oklahoma State University
Stillwater, Oklahoma
USA
kcase@okway. okstate. edu

教授
俄克拉何马州立大学工业工程与管理
学院
美国俄克拉何马州斯蒂尔沃特

Don B. Chaffin

The Johnson Prof. of Industrial &
Operations Engr.
Director, Ergonomics Center

教授, 主任
工效学研究中心
密歇根大学工业工程与运作工程系

The University of Michigan
Ann Arbor Michigan
USA
dchaffin@engin. umich. edu

Johnson A. Edosomwan

Chairman and Senior Exccutive
Consultant
Johnson Associates, Inc.
Fairfax, Virginia
USA
jedosomwan@jjaconsultants. com

Takao Enkawa

Professor
Department of Industrial Engineering
Tokyo Institute of Technology
Tokyo, Japan
enkawa@ie. me. titech. ac. jp

Shlomo Globerson

Professor
School of Business Administration
Tel Aviv University
Tel Aviv, Israel
globe@post. tau. ac. il

John J. Jarvis

Professor and Director
Dept. of Industrial & Systems
Engineering
Georgia Institute of Technology
Atlanta, Georgia
USA
John. jarvis@isye. gatech. edu

C. Richard Liu

Professor
School of Industrial Engineering
Purdue University
West Lafayette, Indiana
USA
liuch@ecn. purdue. edu

美国密歇根州安娜堡

主席,高级执行顾问
约翰逊学会
美国弗吉尼亚州费尔法克斯

教授
东京工业大学工业工程系
日本东京

教授
特拉维夫大学商学院
以色列特拉维夫

教授,主任
佐治亚理工大学工业与系统工程系
美国佐治亚州亚特兰大

教授
普渡大学工业工程学院
美国印第安纳州西拉斐特

Nicolas Marmaras

Assistant Professor
Department of Mechanical Engineering
National Technical University of Athens
Sector of Industrial Management and
Operational Research
Zografou, Greece
marmaras@central.ntua.gr

助理教授
雅典国立科技大学机械工程系
工业管理与运筹学小组
希腊

Aura Castillo Matias

Associate Professor and Deputy
Executive Director
National Engineering Center
University of Philippines
College of Engineering, Dept. IE
Diliman Quezon City
Philippines
matias@engg.upd.edu.ph

副教授, 代理执行理事
菲律宾大学工程学院工业工程系
国家工程中心
菲律宾奎松城

Barry M. Mundt

Principal
The Strategy Facilitation Group
Rowayton, Connecticut USA
Barry_mundt@earthlink.net

负责人
策略支持集团
美国康涅狄格州罗威顿

Gerald Nadler

IBM Chair Emeritus in Engr. Mgmt.
Industrial & Systems Engr. Dept.
University of Southern California
Los Angeles, California
USA
nadler@mizar.usc.edu

IBM 名誉主席
南加利福尼亚工业与系统工程学院
美国加利福尼亚州洛杉矶

Deborah J. Nightingale

Senior Lecturer, Lean Aircraft Initiative
Aeronautics and Astronautics
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Massachusetts
USA
dnight@mit.edu

高级讲师
麻省理工学院精益项目航空工程
美国马萨诸塞州剑桥

Shimon Y. Nof

Professor
School of Industrial Engineering
Purdue University
West Lafayette, Indiana
USA
nof@ecn.purdue.edu

Ahmet Fahri Ozok

Professor & Head
Department of Industrial Engineering
Technical University of Istanbul
Istanbul, Turkey
isozok@tritu.bitnet

Juan R. Perez

Industrial Engineering Manager
Strategic Process Management Group

United Parcel Service
Atlanta, Georgia
USA
mla2jxp@is.ups.com

John V. Pilitsis

President and Chief Executive
Quantum Component LCC
Shrewsbury, Massachusetts
USA
stejvp@attme.att.com

John Powers

Executive Director
Institute of Industrial Engineers
Norcross, Georgia
USA

A. "Ravi" Ravindran

Professor and Head
Department of Industrial and
Manufacturing Engineering
Pennsylvania State University

教授

普渡大学工业工程学院
美国印第安纳州西拉斐特

教授,主任

伊斯坦布尔工业大学工程系
土耳其伊斯坦布尔

工业工程主管

联邦快递专业服务部战略流程管理
集团

美国佐治亚州亚特兰大

主席,首席执行官

昆腾公司

美国马萨诸塞州什鲁斯伯里

执行理事

工业工程师协会

美国佐治亚州诺克斯

教授,主任

宾夕法尼亚州大学工业与制造工程系
美国宾夕法尼亚州大学城

University Park, Pennsylvania
USA
aravi@psu.edu

Vinod Sahney

Senior Vice President
Planning and Strategic Development
Executive Offices
Henry Ford Health System
Detroit, Michigan
USA
vsahney@hfhs.org

Laurence C. Seifert

Senior Vice President
AT&T Wireless Services
American Telephone & Telegraph
Corporation
Redmon, Washington
USA
larry.seifert@attws.com

Michael J. Smith

Professor
Department of Industrial Engineering
University of Wisconsin-Madison
Madison, Wisconsin
USA
mjsmith@engr.wisc.edu

James A. Tompkins

President
Tompkins Associates, Inc.
Raleigh, North Carolina
USA
jtompkins@tompkinsinc.com

Mitchell M. Tseng

Professor and Head
Department of Industrial Engineering
Hong Kong University of Science and
Technology

高级副主席
规划与战略发展执行委员会
亨利福特健康系统所
美国密歇根州底特律

高级副教授
美国电信公司无线服务公司
美国华盛顿州雷德蒙

教授
威斯康星-麦迪逊大学工业工程系
美国威斯康星州麦迪逊

主席
汤普金斯协会
美国北卡罗来纳州罗利

教授, 主任
香港科技大学工业工程系
中国香港

Hong Kong

tseng@usthk.ust.hk

Hans-Jürgen Warnecke

Professor and President

Fraunhofer Gesellschaft(Society)

Leonrodstrasse, Munich, Germany

warnecke@zv.fhg.de

Cheng Wu

Professor and Director

National CIMS Engineering Research

Center

Tsinghua University

Beijing, P. R. China

wuc@tsinghua.edu.cn

教授,主席

弗朗霍夫学会

德国慕尼黑

教授,主任

清华大学国家 CIMS 工程研究中心

中国北京

《工业工程手册》译委会

TRANSLATING COMMITTEE

主 任 Chairman

郑 力 Zheng Li

(清华大学 Tsinghua University)

副主任 Co-Chairmen

(按姓氏笔画为序 in the order of number of strokes in surnames)

马士华 Ma Shihua

(华中科技大学 Huazhong Science and Technology University)

孙林岩 Sun Linyan

(西安交通大学 Xi'an Jiao Tong University)

李从东 Li Congdong

(天津大学 Tianjin University)

江志斌 Jiang Zhibin

(上海交通大学 Shanghai Jiao Tong University)

易树平 Yi Shuping

(重庆大学 Chongqing University)

第 1 分册主译 The Main Translators of Volume 1

郑 力 Zheng Li

(清华大学 Tsinghua University)

李从东 Li Congdong

(天津大学 Tianjin University)

第 2 分册主译 The Main Translators of Volume 2

孙林岩 Sun Linyan

(西安交通大学 Xi'an Jiao Tong University)

马士华 Ma Shihua

(华中科技大学 Huazhong Science and Technology University)

第3分册主译 The Main Translators of Volume 3

江志斌 Jiang Zhibin

(上海交通大学 Shanghai Jiao Tong University)

易树平 Yi Shuping

(重庆大学 Chongqing University)

翻译人员 Translators

(按姓氏笔画为序 in the order of number of strokes in surnames)

于 明	Yu Ming	于瑞峰	Yu Ruifeng
马士华	Ma Shihua	文 坚	Wen Jian
卢 岚	Lu Lan	刘大成	Liu Dacheng
刘子先	Liu Zixian	孙小明	Sun Xiaoming
孙林岩	Sun Linyan	孙新宇	Sun Xinyu
成 晔	Cheng Ye	朱秀文	Zhu Xiuwen
江志斌	Jiang Zhibin	何 桢	He Zhen
吴 甦	Wu Su	张 伟	Zhang Wei
张晓冬	Zhang Xiaodong	张智海	Zhang Zhihai
李从东	Li Congdong	李延晖	Li Yanhui
李志忠	Li Zhizhong	李勇强	Li Yongqiang
杨 丹	Yang Dan	杨 冬	Yang Dong
杨 育	Yang Yu	谷雅韬	Gu Yatao
陈 凯	Chen Kai	陈晓慧	Chen Xiaohui
周晓军	Zhou Xiaojun	孟庆鑫	Meng Qingxin
易树平	Yi Shuping	郑 力	Zheng Li
宫俊涛	Gong Juntao	赵晓波	Zhao Xiaobo
赵道致	Zhao Daozhi	奚立峰	Xi Lifeng
徐智勇	Xu Zhiyong	高 杰	Gao Jie
高举红	Gao Juhong	蒋祖华	Jiang Zuhua
熊世权	Xiong Shiquan	蔡临宁	Cai Linning
谭芙蓉	Tan Furong		

PREFACE

原著序

工业工程作为工程管理科学中的一个重要领域,它的有效利用已经在生产力提高、工作质量、服务质量改善以及工作环境改善等方面做出了很大贡献。这本《工业工程手册》正是为提高生产力和质量,提高企业竞争力,全球商务以及改善工业服务业工作质量等方面提供了适时有用的方法,它对工程师和管理者们来说是非常有价值的。

《工业工程手册》第1版发行于1982年,日本管理协会把它翻译成日文发行,编辑 Lemusa 将它翻译成西班牙文,中国台湾省的南方书籍发行公司也发行了特别版,中国的机械工业出版社将其翻译成中文出版;同时它还被 Macmillan 俱乐部收藏。本书1982年被美国出版社协会选为“最专业最有价值的出版物”,工业工程学会将其广泛推行。本书的第1版绪言是由已退休的 Westinghouse 电子公司首席总裁 Donald C. Burnham 写的。他在绪言中谈到:“我们所强调的工业工程学科是永恒的,非常基础的,不管是大的或者小的公司,不管是连续生产型还是离散生产型企业,以致目前研究的重点服务工业,都能从中得到实用的知识。”《工业工程手册》第2版的编者强化了这一点。

在第2版绪言中,NEC 前任主席写道:“《工业工程手册》第2版将是工业界工程师以及管理者一个功能强大的工具。”很多学者对本书的编著做出了突出的贡献,我在此对他们热情帮助表示衷心的感谢。

每一个提交的章节都经过了我和相关领域专家的仔细校订,主要校订工作都是由 Advisory Board 完成的,另外以下这几位: Stephan A. Konz, Ronald Laughery, Jack Posey, William B

Rouse, Kay M Stanney, Mark Spearman, and Arnold L Sweet 也参与了部分校订工作。

手册的第3版,共有102章节,其中97章节得到了重新校订,包括其中新增的章节,项目管理(3章),供应链管理(7章),以及将服务系统的内容从2章增加到11章。这102章节的内容来自全世界在工业工程或者相关领域从事研究的176位专业人士。本手册共6441页,包含922个插图,388个表格,其中还给出了4139个引用的参考资料,以便更深层地囊括工业工程领域的各个方面。

此版手册的成功编辑,离不开我的助手 Kim Gilbert 女士卓越辛勤的工作,是她对本书的内容进行了非常有效的综合和预先整理,在此对她表示真诚的感谢。同时,也很感谢 John Wiley 的高级编辑 Bob Argentieri,他非常优秀,为本书的编辑提供了重要的帮助。

GAVRIEL SALVENDY

印第安纳州西拉斐特

2000年9月

FOREWORD

原著前言

很多人都曾经推测 21 世纪的工业工程发展会是什么样的，现在我们已经身处 21 世纪了。非常高兴我们看到这个领域的工作中心已经不断扩展，完全融入了这个全球经济的信息时代，越来越多的研究成果使得工业工程师们能够更好地帮助企业获得成功。

众多研究成果的出现是让人振奋的，但同时也给本书的编者带来了极大的挑战。编辑这样一本内容丰富的书籍是一件需要精力和创造力的工作，我在沙尔文迪先生开始整理他所收集到的来自精英的充满思想的材料时认识了他，有幸了解了这一点。本书囊括了传统的和最新的工业工程领域研究方向，是一本从事工业工程研究者必备的手册。

这一版本的内容涉及很多新的具有挑战性的研究。在技术研究的章节，做了很多更新，不仅加入了很多新的诸如决策支持系统这类的主题，同时还讨论了信息时代特有的话题比如电子商务等。深入地阅读本书，你还会发现本书开始强调不断发展的服务系统部分，有些章节讲述了工业工程在服务领域的应用。

“企业”一词，成为代表整个系统的词汇，同时也是解决问题的动力。企业建模，企业资源规划，甚至扩展到全球的全球管理，全球计划、设计以及控制等主题，都围绕着“企业”展开。工业工程师们通过本书的阅读，认识到他们在产品的整个生命周期都能有所贡献。

工业工程协会的任务就是为工业工程领域的发展提供有经验有能力的工业工程师。本书的第 3 版，是一本非常全面的书，能够帮助我们实现这个任务。无论对于学生，还是各种类型的工程师、管理者，本书都是非常好的参考资料。

JOHN POWERS

工业工程协会执行理事

PREFACE

翻译版序

工业工程起源于 20 世纪初的美国,它以现代工业化生产为背景,主要在西方发达国家得到了广泛的应用,并为促进这些国家经济的快速、高效发展起到了举足轻重的作用。现代工业工程以大规模工业生产及社会经济系统为研究对象,它是将人、设备、物料、信息和环境等系统要素进行优化配置,对各种系统进行规划、设计、评价和创新,从而提高工业生产率和社会经济效益的一门综合技术,且内容日益丰富。工业工程从 20 世纪 80 年代末引入中国,至今已有 20 余年。随着中国市场经济体制和各项社会事业的发展,中国也开始大量应用工业工程(IE)技术来解决生产经营中存在的问题,工业工程在中国取得了长足的发展。

由美国普渡大学教授、美国工程院院士编著的《工业工程手册》第 1 版发行于 1982 年,当时就被美国出版社协会选为“最专业最有价值的出版物”,目前已经被翻译成包括中文在内的多国文字,在许多国家广为使用。现在翻译的是这本手册的第 3 版,系统全面地阐述了工业工程所涉及的各个领域及其知识方法,它比较前两个版本,除了增加了各个研究方向的新进展、新方法以外,还增加了对供应链管理和服务系统的阐述。本书的内容来自全世界在工业工程或者相关领域从事研究的 176 位优秀的专业人士,书中的各个章节都经过了专家详细认真的校订。本手册包含 922 个插图,388 个表格,其中还给出了 4139 个引用的参考资料,囊括了工业工程领域的各个方面。

6 位活跃在工业工程一线的青年学者——清华大学的郑力教授、西安交通大学的孙林岩教授、上海交通大学的江志斌教授、天津大学的李从东教授、华中科技大学的马士华教授和重庆大学的易树平教授,经过 3 年的辛勤工作,主持翻译了这本手册,相信会对工业工程在中国的发展起到推动作用。

汪应洛

中国工程院院士、西安交通大学教授

FOREWORD

翻译版前言

2001年,美国工程院院士、普渡大学教授、国际工业工程领域著名学者沙尔文迪先生到清华大学任教,担任工业工程系的讲座教授和系主任。当时他送了我一本由他编著的《工业工程手册》最新版。这本手册编于2001年,已是第3版,不仅总结了成熟经典的工业工程成果,而且有大量章节反映了当今国际上工业工程的最新发展,是一部非常有价值的参考手册。2002年,在一次谈话中,沙尔文迪先生跟我说:“随着中国经济的高速发展,工业工程一定有着广阔的发展前景,应该翻译手册,让更多的中国读者了解和应用工业工程。”这是一本有着2800页篇幅的较大手册,同时内容覆盖非常广泛。受到沙尔文迪先生的鼓励,我感到年轻的一代工业工程学者,应该以汪应洛院士等为代表的老一代工业工程学者为榜样,为中国的工业工程发展做一点实事。同年,我与几位年轻有为的工业工程学者联系此书的翻译工作,得到大家的热烈响应,由此组成了6人的主译班子。

工业工程起源于19世纪末的泰勒和吉尔布瑞斯的工作、时间研究和动作研究,在20世纪40年代引入运筹学等定量分析方法作为基础后,就已经形成了自己独立的科学体系。20世纪80年代以来,计算机与信息技术的飞速发展,又为现代工业工程的发展提供了新的机遇。工业工程出现100多年来,众多工业工程学者为产业效率的提升、产品和工作质量的提高,做出了卓有成效的贡献,著名的管理学家彼得·杜拉克说:“20世纪工业取得重大成就,在管理技术上贡献最大的莫过于科学管理(工业工程),这是一个由美国人创造,被世界接受并产生重大影响的思想。不论什么时候应用它,生产率就会提高,在减少工人工作负荷的同时,他们的收入就会上升。它已经提高工人的劳动生产率超过百倍。”工业工程最成功的应用领域是制造业,不论是福特的汽车流水线,还是丰田的精益生