



教育部高等学校管理科学与工程类学科专业
教学指导委员会 推荐教材

FUNDAMENTAL INDUSTRIAL ENGINEERING

基础工业工程

刘洪伟 齐二石 主编



化学工业出版社

教育部高等学校管理科学与工程类学科专业
教学指导委员会推荐教材

基础工业工程

刘洪伟 齐二石 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书作为教育部高等学校管理科学与工程类学科专业教学指导委员会推荐教材，详细介绍了工业工程概述、经典工业工程理论体系、程序分析、操作分析、动作分析、作业测定、学习曲线、标准作业、生产线平衡与持续改善、现场管理等内容。教材结构清晰，内容与与时俱进，各章还设计了典型案例，用以强化学习效果。

本书可作为管理科学与工程类的工业工程本科专业的教材，也可供企业相关工作人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

基础工业工程/刘洪伟, 齐二石主编. —北京: 化学工业出版社, 2011.7

教育部高等学校管理科学与工程类学科专业教学指导委员会
推荐教材

ISBN 978-7-122-11610-9

I. 基… II. ①刘…②齐… III. 工业工程-高等学校-教材 IV. F402

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 122904 号

责任编辑: 杜 星 唐旭华
责任校对: 徐贞珍

文字编辑: 张 赛
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 393 千字 2011 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

前 言

FOREWORD

自 1992 年教育部批准天津大学、西安交通大学首批招收工业工程本科生，而后重庆大学、清华大学、上海交通大学等也先后开设了工业工程专业。时至今日，全国开设工业工程专业的院校多达 186 所。高校的工业工程专业人才培养规模已经位居世界前列，工业工程专业毕业生已由最初无人认知，逐渐发展到现在供不应求的局面。工业工程专业教育呈现出勃勃生机。

《基础工业工程》(Fundamental Industrial Engineering) 是教育部管理科学与工程类教学指导委员会规定的工业工程本科专业的主干课程之一，是进入专业课程培养阶段的第一门必修课，也是工业工程专业区别于管理学科其他专业和工程学科其他专业的标志，同时也是连接管理学科与工程学科的纽带。因此，《基础工业工程》这门课程以及课程教材的结构、内容和质量对专业人才培养有很大影响。

《基础工业工程》有独立而完备的知识体系。对这门课程的学习，首先，需要理解工业工程的系统性思维和持续改进的理念，需要从全貌去认知和学习。其次，它将工业工程理念和工作研究技术体系结构清晰、层次分明、图文并茂地展现出来。学习者应能够在理论和方法之间、方法与应用对象之间建立起有机的联系，学而达其所用，用而达其所图。第三，工业工程是一门应用技术，对象是各类社会组织生产和服务的效率、质量、成本、柔性、安全等问题，是将管理和工程技术转化为现实生产力的独特技术，贵在它的应用特性。

本教材是基于以下五方面的考虑来编写的。

第一，我国改革开放 30 多年来，经济和社会发展的速度快、质量和效益低的状况长期没有得到改观，国家一直要求和倡导实现经济增长方式的转型。从本质上讲，作为制造业和服务业，经济增长方式的转型，首先是价值创造流程的转型，是朝着高效率、高品质、低成本、快速反应的价值流程的设计、构建、评价和持续改善方向发展的。

第二，从 1990 年中国机械工程学会工业工程分会成立以来，在推动工业工程理论研究、学术交流和应用成果转化方面开展了积极而有效的工作，分析了我国工业经济和服务体系对工业工程的客观需求，探索了我国工业工程应用发展的特性，专家学者和实业界人士概括总结了我国工业工程的理论内容和基本特点。

第三，至今，近两百所高校开设了工业工程本科专业。由于各高校的学科背景不同、师资条件不同、生源特点不同等，各高校在教学内容安排和教学手段支持方面也存在一定的差异，工业工程发展的最新成果和应用需求尚未在教学中得到必要的体现。

第四，近年来，按照教育部的要求和部署，各高校不断调整课程计划和教学计划，《基础工业工程》教学课时已由早期的 54~60 学时调整为现在的 32~36 学时，对课程教材的结构及具体知识内容提出更高的要求，需要体现全面、精良和应用性价值。

第五，作为《基础工业工程》国家级精品课的负责人，作者通过一定的理论研究、大量的企业实践和长期的课程教学，有一些心得体会，希望通过编写这本教材与同仁们做些沟通。

结合上述五个方面，本教材在结构设计和内容安排上有一些变化，主要特点如下。

(1) 教材结构清晰、明了

教材内容分为三篇。

第1篇内容为工业工程导论，包括3章，第1章绪论，介绍工业工程的产生、演进历程和其在我国港台地区以及其他一些国家和地区的发展和应用。第2章是工业工程概述，重点介绍工业工程的概念、内涵、特征、功能及其知识体系，重点增加了我国工业工程（CIE）的理论体系内容。第3章着重介绍经典工业工程理论体系，对工作研究的技术、方法和相关概念进行综述，对方法研究、作业测定等概念性内容做了说明，反映了完整的工业工程知识结构，并对各组成内容之间的相互关系做了系统阐述。

第2篇内容为工作研究技术，包括方法研究和作业测定，共4章，是教材的核心和重点。从第4章至第7章，分别对程序分析技术、操作分析技术、动作研究技术和作业测定技术做了详细的介绍和分析。

第3篇内容是工业工程应用与发展，共4章。第8章学习曲线、第9章标准作业、第10章生产线平衡和第11章现场管理。这4章内容是第2篇工作研究理论、技术和方法的具体应用体现，也是当前企业可以普遍应用的基本内容。

(2) 章节结构和学习思维的创新

在各章前安排了【开篇案例】；开篇案例后设置了【讨论题】，每章正文前设置了【学习目的和要求】，【学习目的和要求】包括【学习目的】、【学习重点】和【学习难点】；各章设置了【本节案例】和【复习思考题】。

通过这种启发式、应用式、训练式的学习方法，对学习过程进行引导、强化，提高学习效果。

(3) 知识更新

除了经典的工作研究内容外，在方法研究和作业测定部分，现代工业工程软件的应用在相关章节中有所体现。根据最新的企业调研成果，相比于已有教材，调整和更新了大部分应用事例和分析案例。另外，在第3篇，对方法研究和时间研究开展了卓有成效的综合应用分析，具体体现在学习曲线分析、生产线平衡、标准化作业制定和现场管理四个方面，其中标准化作业制定在此前的教材中没有出现过，却是企业生产管理中最为重要的内容。

(4) 系统化的案例应用

在本教材中，案例贯穿所有章节。通过开篇案例引出各章学习内容；针对各节重要知识点，相应设计了典型应用事例，用以强化学习效果；在每章节最后设置了【本节案例】用以总结和综合分析本章节的知识重点。

本书由刘洪伟、齐二石主编。刘洪伟负责教材的章节结构设计和第2篇、第3篇的编写。齐二石负责第1篇的编写，并对全书内容做了订正。本教材参编者还有黄佳、张宝存、孔令浩、李姗姗、修立斌等。其中，黄佳、李姗姗、修立斌参与编写第1篇和第2篇内容，提炼并完成部分章节的案例。张宝存、孔令浩参与第3篇的编写，完成部分案例的整理工作。熊立华对教材内容进行了校对。在此，对以上参编人员的辛苦工作表示衷心感谢。

由于作者知识水平的局限性，对某些问题的探讨和表达存在不妥之处，请读者批评指正。

本书相关电子课件可免费提供给采用本书作为教材的院校使用，如有需要请联系 duxingchina@163.com。

编者

2011年2月

目 录

CONTENTS

第 1 篇 工业工程导论	1
第 1 章 绪论	2
【开篇案例】	2
1.1 工业工程的演进历程	3
1.1.1 工业工程的历史背景	3
1.1.2 工业工程的产生与发展	4
1.2 工业工程在国外和我国港台地区	6
1.2.1 工业工程在美国	6
1.2.2 工业工程在日本	7
1.2.3 工业工程在我国台湾及香港地区	8
1.2.4 工业工程在其他国家和地区	8
1.3 工业工程在国内的应用	9
1.3.1 工业工程国内发展概述	9
1.3.2 CIE 简介	11
【复习思考题】	12
第 2 章 工业工程概述	13
【开篇案例】	13
2.1 工业工程概念与内涵	14
2.1.1 工业工程的定义	14
2.1.2 工业工程的内涵	15
2.2 工业工程的内容体系	17
2.2.1 工业工程的两种技术特性	17
2.2.2 工业工程的学科范畴与技术 体系内容	20
2.2.3 工业工程应用应遵循的重要原则	22
2.2.4 工业工程的意识	23
2.2.5 工业工程的功能	25
2.2.6 工业工程人才的素质结构	28
【复习思考题】	29
第 3 章 经典工业工程理论体系	30
【开篇案例】	30
3.1 工作研究概述	31
3.1.1 工作研究的基本体系	31
3.1.2 方法研究概述	35
3.1.3 作业测定概述	38
3.2 工业工程的流程观	40
3.2.1 流程与流程管理概述	40
3.2.2 工业工程的流程观	41
3.2.3 流程观的比较分析	43
【复习思考题】	45
第 2 篇 工作研究技术	47
第 4 章 程序分析	48
【开篇案例】	48
4.1 程序分析概述	49
4.1.1 程序分析的定义	49
4.1.2 程序分析的符号	49
4.2 工艺程序分析	50
4.2.1 工艺程序分析概述	50
4.2.2 工艺程序图	50
4.3 流程程序分析	54
4.3.1 流程程序分析概述	54
4.3.2 流程程序分析图	55
4.4 线路图分析	61
4.4.1 线路图分析概述	61
4.4.2 线路图分析	61
4.4.3 线图分析	63
4.5 管理事务程序分析	65
4.5.1 管理事务程序分析概述	65
4.5.2 管理事务程序分析图	66
【复习思考题】	67
第 5 章 操作分析	71
【开篇案例】	71
5.1 操作分析概述	72

5.1.1 操作分析的定义和分类	72	6.3.2 影像分析的分类	97
5.1.2 影响操作的主要因素	73	6.4 软件分析	97
5.1.3 操作分析的基本要求	73	6.4.1 IEMS 动作分析软件	97
5.2 人机操作分析	74	6.4.2 达宝易动作分析软件	105
5.2.1 人机操作分析概述	74	6.5 动作经济性原则	112
5.2.2 人机操作分析图	75	6.5.1 动作经济性原则概述	112
5.3 联合操作分析	79	6.5.2 动作经济性原则定义和分类	112
5.3.1 联合操作分析概述	79	6.5.3 动作经济性原则的十条规范及案例	113
5.3.2 联合操作分析图	79	【复习思考题】	122
5.4 双手操作分析	81	第7章 作业测定	123
5.4.1 双手操作分析概述	81	【开篇案例】	123
5.4.2 双手操作分析图	81	7.1 秒表时间研究	124
【复习思考题】	87	7.1.1 时间研究的基本工具	124
第6章 动作分析	88	7.1.2 秒表时间研究	129
【开篇案例】	88	7.2 预定时间标准法	151
6.1 动作分析概述	89	7.2.1 预定时间标准的概念和特性	151
6.1.1 动作分析的目的	89	7.2.2 模特排时法	152
6.1.2 动作分析的分类	89	7.2.3 方法时间测定法	166
6.2 动素分析	90	7.3 工作抽样	170
6.2.1 动素及动素的分类	90	7.3.1 工作抽样的概念与原理	170
6.2.2 动素介绍	91	7.3.2 工作抽样的测度	171
6.2.3 动素分析的步骤	94	7.3.3 工作抽样的基本过程	173
6.3 影像分析	96	【复习思考题】	178
6.3.1 影像分析概述	96		

第3篇 工业工程应用与发展

179

第8章 学习曲线	180	9.1.2 标准作业的前提及其流程观	191
【开篇案例】	180	9.1.3 标准作业的概念	192
8.1 学习曲线原理	181	9.2 标准作业制定程序	193
8.1.1 学习曲线的概念	181	9.2.1 确定节拍时间	193
8.1.2 影响学习曲线的因素	182	9.2.2 标准作业顺序的确定	194
8.1.3 学习曲线的对数分析	182	9.2.3 观测时间(人的纯作业时间,设备加工 时间)	195
8.1.4 学习率的测定方法	184	9.2.4 制定工序能力表	196
8.2 学习曲线应用分析	184	9.2.5 制定标准作业组合票(表)	197
8.2.1 学习曲线在成本预测和时间预测中 的应用	185	9.2.6 制定标准作业票(或标准作业卡)	198
8.2.2 学习曲线在预测产品销售价格时的 应用	186	9.3 标准作业推广	200
8.2.3 学习曲线的应用新动向	187	【复习思考题】	202
【复习思考题】	189	第10章 生产线平衡与持续改善	203
第9章 标准作业	190	【开篇案例】	203
【开篇案例】	190	10.1 生产线平衡	204
9.1 标准作业概述	191	10.1.1 生产线的定义与特点	204
9.1.1 标准作业理念	191	10.1.2 生产线平衡概述	205
		10.1.3 生产线平衡的步骤和主要方法	207

10.2 持续改善	211	11.2 定置管理	226
10.2.1 持续改善概述	211	11.2.1 定置管理概述	226
10.2.2 持续改善的步骤与方法	211	11.2.2 定置管理的内容	227
【复习思考题】	217	11.2.3 定置管理的实施	228
第11章 现场管理	218	11.2.4 定置实施	231
【开篇案例】	218	11.2.5 定置检查与考核	232
11.1 目视管理	219	11.3 “6S”管理	233
11.1.1 目视管理概念	219	11.3.1 “6S”管理概述	233
11.1.2 目视管理主要内容	220	11.3.2 “6S”的内容和要点	234
11.1.3 目视管理的工具	222	11.3.3 “6S”实施战略流程	238
11.1.4 推行目视管理的基本要求	225	【复习思考题】	245

参考文献

1

第 1 篇

工业工程导论

- ▶▶ 第 1 章 绪论
- ▶▶ 第 2 章 工业工程概述
- ▶▶ 第 3 章 经典工业工程理论体系

第 1 章

绪 论

【开篇案例】



“科学管理之父”弗雷德里克·温斯洛·泰勒 (Frederick Winslow Taylor, 1856—1915) 1898 年在伯利恒钢铁公司担任顾问时, 曾经进行过著名的“搬运生铁块试验”和“铁锹试验”。“搬运生铁块试验”是在这家公司为五座高炉服务的产品搬运班组的 75 名工人中进行的。工人负责把每块 92 磅重 (约 41.7 千克) 的生铁块搬运到 30 米外的铁路货车上, 每人每天平均搬运 12.5 吨, 日工资为 1.15 美元。泰勒找工人进行试验, 研究搬运的姿势、行走的速度和持握位置对搬运量的影响以及休息多长时间为最优。经过分析, 确定了搬运生铁块的最佳方法和 57% 的时间用于休息的最优时间, 使每人

的日搬运量达到 47~48 吨, 同时工人日工资提高到 1.88 美元。

“铁锹试验”进行于一个堆料场 (堆有铁矿石和煤炭), 几英里长、半英里宽, 每天有 400~600 个员工铲料。铁矿石很重, 一铁锹铁矿石重约 38 磅 (约 17 千克), 而煤炭很轻, 一铁锹煤炭只有 3.5 磅 (约 1.6 千克), 而且大家用的铁锹大小形状均不相同。泰勒找了兩名优秀工人做试验, 分别采用不同大小和形状的铁锹, 每次铲料重量也不同, 用秒表记录每种组合的时间, 结论是每一铁锹的铲料量在 21.5 磅 (约 10 千克) 时日铲料量最大。针对不同物料设计不同的标准铁锹, 铲轻料用大铁锹, 铲重料用小铁锹, 保证每锹都在 21.5 磅, 结果平均每人每天的铲料量从 16 吨提高到 59 吨, 堆料场工人由 400~600 名减少到 140 名, 日工资从 1.15 美元提高到 1.88 美元, 每吨的运费从 7.5 美分降低到 3.3 美分。除去研究费用, 工厂每年能够节约 78000 美元。

此外, 他还开展了优化生产计划、改善基层管理干部的管理范围等一系列管理实践活动。主要著作有《计件工资制》(A Piece-rate System, 1895)、《工厂管理》(Shop Management, 1903)、《制造业者为什么不喜欢大学生》(1906)、《论金属切削工艺》(On the Art of Cutting Metals, 1906 年)、《科学管理原理》(Principles of Scientific Management, 1911 年)、《在美国国会听证会上的证词》(1912 年)。伟大的马克思主义导师列宁曾经在《苏维埃政权的当前任务》一文中, 对泰勒的科学管理作了全面评论: “一方面是资产阶级剥削的最巧妙的残酷手段, 另一方面是一系列最丰富的科学成就, 应该在俄国研究和传授泰勒制, 有系统地试行这种制度, 并且使它适应下来。”

泰勒是对企业生产运作进行系统科学研究的第一人, 晚年一直致力于科学管理的推广, 在世时却得不到世人的理解, 但是他的理论已得到广泛运用, 还影响了流水线的诞生, 在管



理学历史上做出了杰出的贡献，被誉为“科学管理之父”。他提出的工作定额、标准工具等方法能大幅提高作业效率，为工业工程的产生和发展奠定了基础，因此又被称为“工业工程之父”。

【讨论题】

1. 泰勒的主要成就是什么？
2. 早期工业工程的主要分析方法有哪些？
3. 你认为工业工程对社会、企业和员工有什么作用？

【学习目的与要求】

学习目的：通过本章的学习，了解工业工程在国内外的发展历程，各阶段主要成果及主要人物（特别是泰勒）的贡献，掌握中国工业工程（CIE）的基本结构和内容，对工业工程有概要性了解和理解。

学习重点：工业工程萌芽的思想基础、诞生的标志、发展的特定阶段和突出成果，工业工程在国内的发展概况。

学习难点：CIE 的结构体系和内容。

1.1 工业工程的演进历程

1.1.1 工业工程的历史背景

1776年，亚当·斯密（Adam Smith，1723—1790）的著作《国富论》（全名：国民财富的性质和原因的研究，An Inquiry Into The Nature And Causes Of The Wealth Of Nations）出版，该书较为系统地论述了劳动分工的作用：与每一个人都担当一件产品从头到尾的制造相比，把制造过程分为若干道工序，每个人都只担当其中的一个工序，由于熟练度提高，可大大提高工作效率，而且有利于机器的使用与推广。亚当·斯密的劳动分工理论成为近代产业革命的起点，极大地促进了工业的发展和工业化进程，是近现代工业的里程碑。

瓦特（James Watt，1736—1819）通过对蒸汽机的不断改良，于1782年发明了具有广泛实用价值的双向式蒸汽机，极大地促进了工业生产，推动了第一次工业革命。蒸汽机的不断完善也促进了生产机械大型化、复杂化，促使生产复杂程度越来越高，科学管理的需求日趋强烈。

1798年惠特尼（Eli Whitney，1765—1825）提出规定各零件的公差、使零件具有“互换性”的理念。该理念在美国毛瑟枪制造中初次得到运用，后来在南北战争中得到广泛运用。互换性促使了劳动进行专业化分工，从而有利于大批量生产。与此同时，在德国兴起的标准化，为企业迈向大量生产之路奠定了基础。

英国剑桥大学教授查理·巴贝奇（Charles W. Babbage，1792—1871）基于对工厂的深入考察，在1832年出版《论机器和制造业的经济》（On the Economy of Machinery Manufactures）一书，论述专业分工、工作、方法、机器与工具的使用和成本管理等，提出了时间研究的重要概念，进一步论证分工不仅可以提高效率更能够降低成本等，推动亚当·斯密的



劳动分工理论向前发展。

19世纪中后期内燃机的发明促使制造业逐步走向以汽车制造为代表的大批量生产时代,企业的规模和复杂性大幅度提升,简单的经验已不能保证生产系统有效地运行,因而急需具有时代性的科学管理水平和理论的支持。伴随着生产实践的不断深入、分工理论的发展,企业生产和管理上的变革将迟早发生。

20世纪初期,福特汽车公司的创始人亨利·福特(Henry Ford, 1863—1947)率先将分工理论大范围运用于实践,创立了“福特制”。福特制的主要内容包括生产自动化和生产标准化两个方面。生产自动化废弃了由技工单独负责组装全车的做法,将生产过程分解为不同的作业,让每个员工只负责其中的一项或少数几项作业,然后利用高速传送的运输系统,把全部作业组成流水作业线,全部作业同时进行,连续不停地运作。生产标准化包括以下内容:①产品标准化;②零件标准化;③车间专业化;④机器和工具专业化;⑤作业标准化。以福特所创立的“福特制”为开端,几乎所有的企业或行业都在机械化和自动化的基础上采用了劳动分工的方法。随后,这种劳动分工的思想又进一步扩展到企业内部的其他管理部门,使这些部门也按照专业分工的原则设立机构与安排职务,产生了诸如计划、财务、技术等专业管理部门及其相应的专业技术管理人员。福特公司的成功极大地促进了劳动分工理论的发展,对整个社会造成了空前的影响。

“劳动分工”、“零件互换性”以及“时间研究”等理念的产生、发展与实践,极大地促进了科学管理与工业工程(Industrial Engineering, 简称IE)的诞生。

1.1.2 工业工程的产生与发展

伴随着生产力的持续发展,生产系统日益复杂,改变传统的缺少科学的计划与组织的生产状况的需求越来越强烈,科学管理思想应运而生。1911年,泰勒在总结自己一生管理实践经验方法后,出版了《科学管理原理》一书,系统地提出劳动分工、制定科学的作业方法、科学地选择和培训工人、实行有差别的计件工资制等理论,彻底完善了分工理论的同时,还首创了生产现场的时间研究法。《科学管理原理》的发表标志着工业工程的诞生,泰勒被称为“科学管理之父”,同时也被尊称为“工业工程之父”。

从科学管理开始,工业工程的发展经历了四个相互交叉的阶段。

(1) 科学管理阶段(20世纪初至20年代末期)

这时IE产生的萌芽与奠基期。主要内容包括:劳动专业分工理论、泰勒提倡的“时间研究”、吉尔布雷斯夫妇(Frank Bunker Gilbreth, 1868—1924; Lillian Moller Gilbreth, 1878—1972)创造的“动作研究”、福特发明的流水装配线、甘特(Henry Laurence Gantt, 1861—1919)发明的“甘特图”(Gantt Chart)等。这些技术的发明及应用极大提高了劳动效率,开创了IE发展的先河,是IE发展的第一阶段。

(2) 工业工程时代(20世纪20年代后期至40年代后期)

这一时期,IE开始作为一门单独的学科出现并不断充实其内容。随着1908年美国宾夕法尼亚州立大学根据泰勒的建议创办工业工程系,1911年美国普渡大学开设了工业工程选修课,1917年美国成立了美国工业工程师协会(American Society of Industrial Engineers, ASIE),20世纪30年代工业工程在美国得到全面应用,越来越多的大学开始设立工业工程专业,同时工厂中出现了专门从事IE的职业。随后的1948年,美国工业工程学会(American Institute of Industrial Engineers, AIIE)成立,标志着工业工程体系系统化地建立

起来。

这一时期产生了一系列经典的 IE 原理和方法,如 1924~1931 年美国的休哈特 (Walter A. Shewhart, 1891—1967) 创立了“统计质量控制”;1924~1932 年,美国哈佛大学教授梅奥 (George Elton Mayo, 1880—1949) 通过霍桑实验 (Hawthorne Studies, 1927~1932) 首创人际关系学说;1947 年麦尔斯 (Lawrence D. Miles, 1904—1985) 在通用电气公司创立“价值工程”(Value Engineering) 技术,同年在《美国机械师》杂志发表《价值分析》一文,总结了一套保证在同样质量前提下降低成本的科学方法。此外进度图、库存模型、激励理论、组织理论、工程经济、工厂布置和物料搬运等方法的产生和应用,使管理有了真正的科学依据。

(3) 工业工程与运筹学 (Operational Research, 简称 OR) 结合时期 (20 世纪 40 年代后期至 70 年代)

这是 IE 进入成熟的时期。第二次世界大战以后,计算机和运筹学的出现,为工业工程引入了定量分析的手段和工具。数学规划、优化理论、博弈论、排队论、存储论等理论和方法,可以用来描述、分析和设计多种不同类型的运行系统,寻求最优结果。计算机的使用为数据处理和对大系统进行数学模拟提供了有力手段,工业工程开始进入定量分析和系统化阶段。

(4) 工业与系统工程 (System Engineering, 简称 SE) 结合时期 (20 世纪 70 年代至现在)

以运筹学为理论基础产生的系统工程,从 20 世纪 70 年代开始应用于 IE,就使 IE 的发展开始具备更加完善的科学基础与分析方法。SE 既重视系统哲学思想的培养和系统分析方法的训练,又包含有较丰富的自然科学和社会科学的知识,这正是 IE 所需要的一种“统帅”学科。传统 IE、系统工程和运筹学三者开始逐步融合,形成新的工业工程体系,如图 1-1 所示。

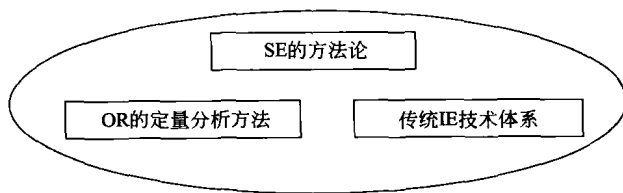


图 1-1 传统 IE 与系统工程、运筹学的三者融合

自 20 世纪 70 年代以来,特别是近 20 年来,由于信息技术的蓬勃发展,IE 的发展出现了一些新的动向:研究对象和应用范围扩大到了系统整体,面向企业经营的全过程;采用计算机和管理信息系统 (Management Information System) 为支撑环境和资源管理平台;重点转向集成制造 (Integrated Manufacturing),产生了诸如计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System)、大规模定制生产 (Mass Customization Production)、企业资源计划 (Enterprise Resource Planning)、同步工程 (Simultaneous Engineering) 和并行工程 (Concurrent Engineering)、准时制 (Just In Time, 简称 JIT) 这样的新管理技术,诞生了丰田生产方式 [Toyota Production System, 简称 TPS, 又名精益生产 (Lean Production, 简称 LP)]、六西格玛 (Six Sigma) 管理和敏捷制造 (Agile Manufacturing, 简称 AM) 等理论;并从最初应用于制造业现场普及到交通、建筑、服务和行政管理等多种产业中等。总之,由于 IE 的跨学科性质、兼收并蓄的优点以及应用的广泛性,随着现代科学和



技术的高速发展，社会生产日新月异，IE必将朝着更加现代化的方向取得巨大进展。

1.2 工业工程在国外和我国港台地区

1.2.1 工业工程在美国

美国质量管理专家朱兰（Joseph M. Juran, 1904—2008）博士评价工业工程时这样表述：“美国值得向全世界夸耀的东西就是工业工程，美国之所以既能打败第一次世界大战，又有打败第二次世界大战的力量，就是因为美国有工业工程。”

美国是工业工程的发源地，其工业工程是有着近百年历史的专业，对美国的国民经济有着重要影响。工业工程是工学院的七大学科之一（机械工程、电子工程、土木工程、化工工程、计算机工程、工业工程、航空工程），它与数学、人因工程、经济管理、各种工程技术等学科有着密切的联系。在美国，古典工业工程与制造工程密不可分，至今仍有许多学校将工业工程与制造工程等同看待，但现代工业工程已将应用面扩展到了服务业、金融业、物流业甚至政府，几乎所有的有组织的社会生产活动都成为现代工业工程的主要服务对象，通过工业工程方法，提高这些组织的运行效率和效益。

随着工业工程作为一门科学迅速向世界传播和交流，美国工业工程学会已经发展成为一个国际性的组织即工业工程师学会，总部设在美国亚特兰大。工业工程师学会按学科和应用领域分为21个专业学会。从1948年2月成立的美国工业工程学会（AIIE），1949年会刊《工业工程杂志》问世，到1981年，AIIE的会员已遍及世界80个国家。后来通过会员投票，将AIIE改成IIE，去掉代表美国的A字，表明工业工程已是世界性的学科。

截止到1990年美国有150所大学的工学院设有工业工程系，每年本科毕业3500人左右，其中92所经美国工程技术资格评定委员会（ABET）论证通过，可招收硕士生。1933年，康奈尔大学授予从事动作研究的学者巴恩斯（R. M. Barnes）工业工程历史上的第一个博士学位（他的论文《细微动作的时间和理论》后来改编成为动作研究的经典著作《动作与研究》），但是1960年前，IE专业毕业的博士总共不到100人。IE真正达到快速发展是近30年的事情，到1990年，每年有175名IE博士生入学，当然现在更多了。

美国一流的大学大都有着很强的工业工程专业，如佐治亚理工学院、密西根大学、普渡大学、加州大学伯克利分校、斯坦福大学、西北大学、哥伦比亚大学和宾州大学等。各个大学由于地理位置的不同，其研究侧重点与当地的经济特点相吻合。前四名的学校中，佐治亚理工学院以物流与运输服务业为特长，密西根大学以机械制造业为特长，普渡大学以人因学和农业为特长，而加州大学伯克利分校的工业工程则以电子制造业为特长。由此可见，工业工程往往与地区经济和国家经济紧密结合，力求为地区发展提供服务的同时壮大自己。另外，斯坦福大学在工学院也设立了以工业工程为核心的系，麻省理工学院则成立了跨院系的与工业工程相关的研究中心。

截止到2000年底，美国工程院（NAE）拥有1991名院士。NAE下设12个学部，其中有两个学部涉及工业工程：第8学部（产业、制造和运营系统工程学部）有102名院士，专业领域为管理、组织、计划、控制和运行系统、人员、材料、工艺、设备、工具和设施来生产产品和提供服务；第12学部（特殊领域和跨学科工程学部）有150名院士，其中跨学科



专业领域包括经济、教育、法律、管理和系统工程等。以上工业工程的学科划分和职业设定,在美国和其他国家都被普遍采用。美国国家研究院提出的2020年制造业的6大挑战和10项技术,有一半与工业工程的研究领域有关,如并行工程、可重组制造、企业建模与仿真、人员的教育和培训等。

然而工业工程在美国的发展并非一帆风顺。20世纪初,美国国内很多人反对实行泰勒制,1912年泰勒曾出席美国国会听证会;1915年美国国会通过法律,军工厂禁止实行泰勒制,就在这一年,终日忙于为科学管理辩解而奔波的泰勒在郁郁寡欢中去世;1917年美国国会又把法律扩大到政府各部门。直到1920年,美国工会才对科学管理(工业工程)表示理解和支持,一直到1929~1933年的经济危机中,美国企业为了渡过危机,才全面地使用了科学管理(工业工程),至此工业工程终于在美国稳定下来,并开始迅速发展。

在当今的美国大中型企业里,都设有工业工程部,并设有工业工程师职业岗位。工业工程师是美国劳工部认可的19种工程师职业之一,1999年职业编号为17-2112的工业工程师总数为15.6万人,另外还有职业编号为17-3026的5.2万名工业工程师,其中60%的工作与制造业相关。2006年美国劳工部对未来10年的不同种类工程师的需求进行预测,其中工业工程师是需求增长最快的工程师之一。虽然美国已经形成了完整的本科、硕士、博士、在职教育和成人继续教育等培养工业工程师的体系,但是工业工程师数量仍然可能无法满足社会需求。

工业工程在美国得到迅速大范围运用,成就了福特、通用、克莱斯勒等汽车巨头,波音、洛克西德·马丁等航空巨子,通用电气、摩托罗拉等大型装备制造,IBM、苹果、戴尔等电子产品制造商。工业工程在提高生产效率方面不只是运用在制造业,还广泛运用在服务业(如麦当劳、肯德基)。美国的劳动生产率长期领先于欧洲与日本(日本制造业劳动生产率高于美国,但是物流、餐饮等领域生产率远低于美国),是美国经济长盛不衰的基础。

1.2.2 工业工程在日本

著名的丰田生产方式创始人 大野耐一(Taiichi Ohno, 1912—1990)在评价丰田生产方式的本质特性时说:“20世纪50年代全日本都在研究工业工程这种赚钱的技术……所谓丰田生产方式就是丰田式的工业工程”。

工业工程诞生于美国,发展在日本。早在1935年,早稻田大学即向日本文部省申请开办工业工程系,但是未获得批准。二战后各大学纷纷在工学部开办工业工程,包含工业工程内容的有80多所大学,如早稻田大学开设工业管理工程系,北海道工业大学开设工业工程系。

1950年成立的日本经营工学会,是以学校为主的IE学术性组织;1955年成立的日本生产型本部(Japan Productivity Center),是日本通产省领导下的社团法人,应用IE技术为企业服务,推进企业和全社会生产力的发展,尤以人员培训教育和协调劳资关系的成功较为突出;1955年成立的日本IE协会(JIIE),是以企业为主体的社团法人;此外还有日本能率协会(Japanese Management Association简称JMA),主要工作之一是应用IE技术开展企业诊断、改善作业现场等。正是这些组织,极大地推进了工业工程在日本企业运用的广度和深度,在读者进一步学习工业工程知识过程中,这些机构的名称将会反复出现。

第二次世界大战结束时日本劳动生产率不及美国的1/9,产品质量低劣(相对于美国),生产管理远远落后于西方发达国家,日本人虚心学习昔日击败自己的敌人(美国)的先



进科学管理方法。1950年前后美国质量方面专家戴明(W. Edwards. Deming, 1900—1993)和朱兰受邀前往日本指导质量改善与效率提升,从教育和培训着手,大力推广和普及科学管理,帮助日本建立完善的质量改善与效率提升体系。通过20多年的努力,日本逐步建立了以全面质量管理为特征的质量体系。以丰田生产方式为代表的拉动式精益体系,在1973年的石油危机中脱颖而出,并逐步风靡全球。终于在20世纪80年代,在汽车、家用电器、造船、钢铁和机械等诸多领域全面超越美国,造就了索尼、松下、佳能和东芝为代表的电子信息产业,丰田、本田、日产为代表的汽车制造业,以三菱为代表的大型制造业。日本制造成为高品质和效率的代名词。日本的成功轰动了世界,日本的工业工程,尤其是工业工程在汽车行业的成功运用,从20世纪80年代开始,一直是包括美国在内的世界各国纷纷学习的榜样。

1985年美国麻省理工学院组织一批专家和教授,开展对包括日本在内的全球汽车企业的生产管理历时5年的深入考察和研究,将日本汽车生产的管理方法定名为“精益生产”(Lean Production),并结合制造资源计划的经验,提出了一整套管理改革的建议方案。经过10年的努力,美国反败为胜,到20世纪90年代后期在汽车、微电子和计算机等行业再次领先。

日美竞争的事例,证明了管理技术是决定国际竞争成败的关键武器。研究证明,20世纪90年代美国生产率平均每年递增2.5%,其中劳动力因素为0.5%,资金因素为0.4%,管理因素为1.6%,管理是主要因素。

1.2.3 工业工程在我国台湾及香港地区

中国台湾的工业工程教育始于1955年成功大学工管系开办了工业工程课程,1963年台北工专、成功大学和东海大学分别开设IE专科和本科,随后台湾交通大学和台湾清华大学于1974年设置工业工程本科。台湾清华大学1985年开始招收硕士,1991年起开始招收博士。到1997年为止,在大专院校中共计有13所大学、28所专科学校设置有工业工程学科,其中有10所院校设置的工业工程研究所招收硕士生,有5所院校设置的工业工程研究所招收博士生,形成了完整的工业工程教育与培训体系。当前工业工程专业在校人数3万多人,每年毕业的工业工程专业博士约600人,相对于台湾人口而言,工业工程专业人才培养规模已经相当庞大。

如今工业工程在台湾已经是一个独立的学科(门),台湾工业工程教育的发展促进了台湾制造业的蓬勃发展,以鸿海精密集团(又名富士康,2001年聘请美国休斯顿大学IE系主任陈振国担任IE学院院长、兼任富士康副总裁,对IE的主要宣传口号有:模具是工业之母,IE是工业之父;IE无处不在、无所不能)。

香港大学的工业及制造系统工程系成立于1973年,是香港地区第一个开设工业工程学科的系,接着也有几所大学先后开设工业工程系。工业工程广泛运用于电子制造、供应链与物流管理(典型的如香港利丰集团)等行业。

中国澳门地区实业发展规模相对较小,总体情况与香港类似,本书不作展开。

1.2.4 工业工程在其他国家和地区

在德国,工业工程称为生产工程,学生除在其传统的强项——工程领域内学习和实践外,还要在运筹学、物流或后勤学和系统工程等方面进行学习。在欧洲其他国家(如英国、



法国等)一样,工业工程师是十分受企业欢迎的,工业工程师在系统分析、系统优化、系统集成方面发挥着重要的作用。

亚太地区经济发展较快的韩国、新加坡及泰国都已建立了工业工程的研究、教育、开发和推广体系。韩国约有7所大学设立工业工程系,如汉城国立大学、釜山国立大学、蔚山大学和浦江大学等。新加坡国立大学与新加坡南洋理工大学均设有工业工程系,其中新加坡国立大学的工业工程系在整个东南亚地区都具有一定的代表性。这些国家和地区的经济相当迅速,与工业工程的研究与应用有密切关系。可以说工业工程的研究与发展水平,在一定程度上反映一个国家或地区的经济和管理发展水平。

1.3 工业工程在国内的应用

1.3.1 工业工程国内发展概述

工业工程一词最早出现在1921~1922年度上海交通大学机械工程科(系)工业管理(专业)大四下学期课程中。民国初期,马寅初等留学归国人士即对工业工程有所介绍,在国民党执政期间一些高校设置有工业管理课程(传授包括工业工程在内的科学管理知识),并派学生前往美国学习工业工程。1930年6月成立以孔祥熙为理事长的“中国工商管理协会”,在1930年11月召开的“全国工商会议”上,也将“科学管理”列入重要的议题,并在“康元制罐厂”(1928年开始运用并成为典型企业)和“商务印书馆”得到一定的运用。

新中国成立后,我国工业工程发展可以分为两个阶段。

第一个阶段是1949~1979年,全国工业企业学习前苏联的工厂设计、生产计划与作业计划、组织设计、质量管理、材料管理及技术管理等,在推动我国生产的发展方面起了一定的作用。1960年,贯彻《鞍钢宪法》,开展技术革命,大搞群众运动,开展社会主义劳动竞赛,组织青年突击队,推行“两参一改三结合”,这个其实就是质量改善小组的雏形;同时涌现出大批新方法,如郝建秀工作法、苏长有砌砖法、王崇伦万能工具胎等,这些方法对工业工程也起到了很大的推动作用。“文革”期间生产组织受到极大破坏,但是很多大型企业依旧在寻求更有效的方法,其中的优选法其实就是工业工程的范畴。由于工业工程类学科在院系调整中被取消,这一阶段缺乏系统的工业工程思想指导,没能形成制度更谈不上成体系。相对于国外的快速发展,我国的工业工程理论与方法基本处于停滞状态,国内企业生产效率及质量水平总体依旧很低。

第二个阶段是改革开放后,随着国门打开,国人逐步意识到工业工程的重要性。首先开始学习工业工程的是实业界。早在1979年第一汽车厂厂长带队前往日本丰田对工业工程系统学习半年,1981年工业工程实践大师、改善大师大野耐一(日本人,出生在中国大连,1912~1990)曾亲临第一汽车集团指导改善,推进工业工程;1978年全国各大企业(主要是国有企业)开始推进全面质量管理等质量管理工具,对工业工程的发展也起到一定促进作用;沿海开放地区随着外资工厂的设立,逐步学习工业工程的方法与工具。20世纪80年代在理论研究与教育方面发展缓慢,直到80年代后期理论界才开始较大范围地研究工业工程。1989年8月23日至8月25日在北京举行工业工程座谈会,决定建立机械工程学会工业工程分会筹备组,着手中国工业工程的发展,这是中国工业工程发展史上一个重要的里程碑。