



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



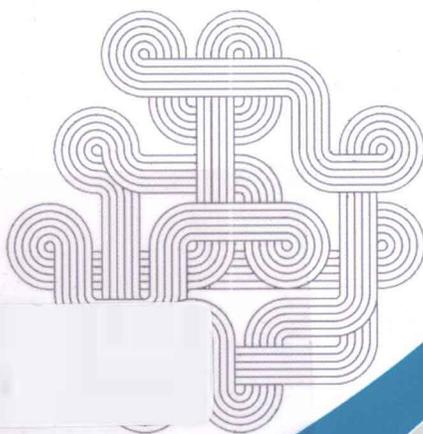
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

易树平 郭伏 主编

# 基础工业工程

Fundament of  
Industrial Engineering

第2版



赠电子课件



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

---

提供各种书籍的pd电子版代找服务，如果你找不到自己想要的书的pdf电子版，我们可以帮您找到，如有需要，请联系QQ1779903665.

PDF代找说明：

本人可以帮助你找到你要的PDF电子书，计算机类，文学，艺术，设计，医学，理学，经济，金融，等等。质量都很清晰，而且每本100%都带书签索引和目录，方便读者阅读观看，只要您提供给我书的相关信息，一般我都能找到，如果您有需求，请联系我QQ1779903665。

本人已经帮助了上万人找到了他们需要的PDF，其实网上有很多PDF,大家如果在网上不到的话，可以联系我QQ，大部分我都可以找到，而且每本100%带书签索引目录。因PDF电子书都有版权，请不要随意传播，如果您有经济购买能力，请尽量购买正版。

**声明：本人只提供代找服务，每本100%索引书签和目录，因寻找pdf电子书有一定难度，仅收取代找费用。如因PDF产生的版权纠纷，与本人无关，我们仅仅只是帮助你寻找到你要的pdf而已。**

# 21世纪工业工程专业规划教材

- |  |             |
|--|-------------|
|   基础工业工程 | 工业工程专业英语    |
|   人因工程学  | 数字化设计与制造    |
| 物流工程   | 系统可靠性       |
| 质量管理与可靠性   | 工效学原理与应用    |
|  先进制造系统   | 现代物流系统工程与技术 |
| 现代物流设施与规划  | 工业工程课程设计指导  |
| 工程经济学  | 工业工程实验实习教程  |
|  项目管理   |             |

 “十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

电话服务

社服务中心：010-88361066

销售一部：010-68326294

销售二部：010-88379649

读者购书热线：010-88379203

网络服务

教材网：<http://www.cmpedu.com>

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

上架指导 教材 / 工业工程

ISBN 978-7-111-42829-9

策划编辑◎裴决 / 封面设计◎张静

ISBN 978-7-111-42829-9



9 787111 428299 >

定价：45.00元



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 基础工业工程

**Fundament of  
Industrial Engineering**

第2版

主编 易树平 郭 伏

参编 陈友玲 邓 瑾 曹国安

周宏明 熊世权 高庆萱

主审 张正祥 蒋祖华



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

本书从典型制造企业的管理模式入手,运用大量案例来说明动作经济原理,并在经典的以现场作业为主的程序分析的基础上,新增添了管理事务流程分析的内容。同时,本书还讨论了工作研究方法在信息化中的应用,并对工业工程未来的发展趋势作了分析和展望。全书分为十四章。在第一、二章中,从典型制造企业的管理模式角度分析了生产运作与管理存在的问题,提出了生产率及其管理的问题与工业工程的概念;第三章为工作研究概述,讨论了工作研究的有关概念;第四章到第六章为方法研究,包含程序分析、作业分析、动作分析等经典内容;第七章到第十一章为作业测定,着重介绍了秒表测时、工作抽样、预定动作时间标准、标准资料、学习曲线等内容;最后三章由现场管理方法、工作分析与设计、工业工程的发展等内容组成。

本书可作为高等院校工业工程专业本科生教材,也可供广大工程技术人员和管理人员学习或培训使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

基础工业工程/易树平,郭伏主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2013.8

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-111-42829-9

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第123078号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:裴 泱 韩旭东 李 超 责任印制:杨 曦

北京云浩印刷有限责任公司印刷

2014年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·22.25印张·552千字

标准书号:ISBN 978-7-111-42829-9

定价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

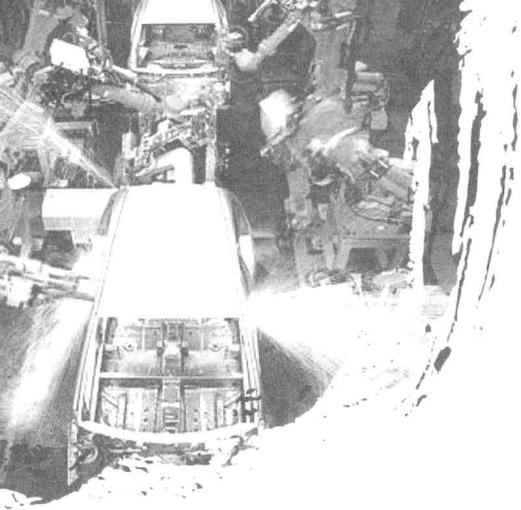
机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版



# 前 言

“基础工业工程”是教育部管理科学与工程类学科教学指导委员会（以下简称教学指导委员会）规定的工业工程本科专业的主干课程之一，也是工业工程专业本科学生进入专业课程培养阶段的第一门必修课。按教学指导委员会制定的教学基本要求，通过本课程的学习，学生应具备如下素质和能力：①了解工业工程的基本概念、内容、学科特点和发展方向以及工业工程在经济建设、社会进步和企业发展中的地位和作用等；②掌握工作研究的基本原理、方法及其应用；③明确工业工程的研究及应用领域，能结合生产系统及其管理问题的实际，初步形成现代工业工程的理念及其系统思想；④掌握基础工业工程的相关实验技能，具有从事实际工作研究的动手能力。

为了达到上述教学的基本要求，本书组织了十四章内容：在第一、二章中，从典型制造企业的管理模式角度分析了生产运作与管理存在的问题，提出了生产率及其管理与工业工程的概念；第三章为工作研究概述；第四章至第六章为方法研究，包含程序分析、作业分析、动作分析等经典内容；第七章至第十一章为作业测定，着重介绍了秒表测时、工作抽样、预定时间测定、标准资料、学习曲线等内容；第十二章至十四章组织了现场管理方法、工作分析与设计、工业工程的发展等内容。

本书的特色为：①针对IE本科生对企业生产了解甚少的实际情况，从典型制造企业的管理模式角度分析了生产运作与管理存在的问题，据此引出生产率及其管理的问题与工业工程的概念，改变了从起源入手介绍工业工程的传统“基础工业工程”的编写模式；②除经典的以现场作业为主的程序分析技术外，新添了管理事务流程分析；③运用大量的案例来说明动作经济原理；④结合目前企业管理的需求，加强了现场管理方法与技术的内容，并与工作分析方法一起认为是经典基础工业工程的应用与发展；⑤提出了工作研究的信息化问题，以及工作研究方法在企业信息化工作中的应用。

基础工业工程理论的应用与企业的生产管理实践是密不可分的，为了使本教材的内容更贴近企业现行的生产管理实际，以满足基础工业工程课程的教学需要，在近几年教学实践的基础上，对教材进行了修订。与第1版相比，第2版在保持原书结构大体不变的基础上，对章节的具体内容进行了较大程度的更新，包括：①规范了第四章流程程序图、事务流程图等工具图的表达方式；②加入了各位编者近几年从事企业管理咨询的课题成果，对各章节的数据与案例进行了更新；③对现场管理方法这一章的节次顺序作了调整，并且在文中适当地增添了一些图片，以方便学习



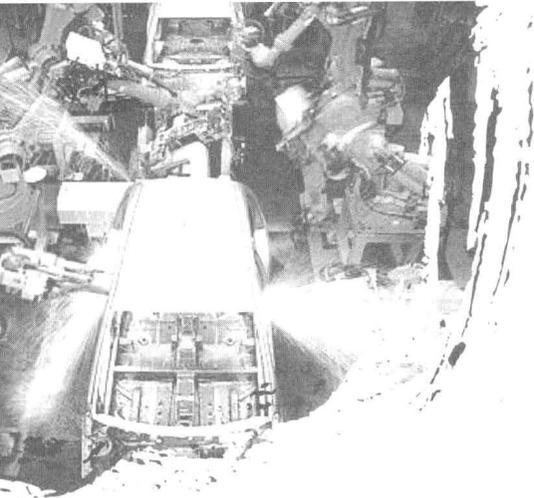
者对这一章节内容的理解。

本书由重庆大学工业工程研究所所长易树平教授，东北大学管理科学与工程系主任郭伏教授任主编；西安交通大学工业工程系张正祥教授、上海交通大学工业工程与管理系蒋祖华教授任主审。具体编写分工如下：第一、六、十四章由易树平编写；第七、九、十章由郭伏编写；第四章前四节由重庆大学陈友玲编写；第四章第五节由重庆大学高庆萱编写；第五、八、十一章由合肥工业大学曹国安编写；第二、三章由温州大学周宏明编写；第十三章由重庆大学熊世权、易树平编写；第十二章由邓瑾编写。全书由易树平和郭伏统稿。在第2版的编写过程中，重庆大学博士研究生、太原科技大学讲师郭艳丽做了大量的文稿收集、文字整理与校对工作。

按照教学指导委员会的教学基本要求和工业工程学科不断发展的形势编写《基础工业工程》（第2版）对我们来说是一个尝试，也是一个挑战。尽管我们为此付出了极大的努力，但由于能力所限，纰漏和不妥之处在所难免，恳请读者不吝赐教，以便在今后的再版中加以改进。

**编 者**





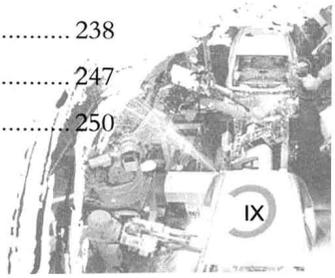
# 目 录

序

前言

<b>第一章 生产与生产率管理</b> .....	001
第一节 企业生产运作 .....	001
第二节 生产率与生产率管理 .....	007
思考题 .....	015
<b>第二章 工业工程概述</b> .....	016
第一节 工业工程 .....	016
第二节 工业工程的产生与发展过程 .....	019
第三节 工业工程的内容体系和应用领域 .....	023
思考题 .....	029
<b>第三章 工作研究</b> .....	030
第一节 工作研究概述 .....	030
第二节 方法研究概述 .....	035
第三节 作业测定概述 .....	037
思考题 .....	040
<b>第四章 程序分析</b> .....	041
第一节 程序分析概述 .....	041
第二节 工艺程序分析 .....	045
第三节 流程程序分析 .....	055
第四节 布置和经路分析 .....	073
第五节 管理事务分析 .....	084
思考题 .....	089

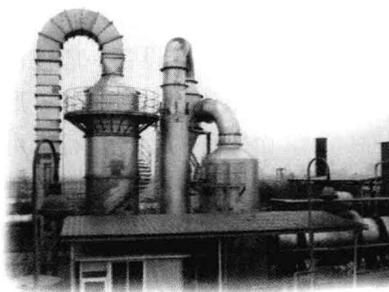
<b>第五章 作业分析</b> .....	093
第一节 作业分析概述.....	093
第二节 人-机作业分析.....	094
第三节 联合作业分析.....	100
第四节 双手作业分析.....	104
思考题.....	112
<b>第六章 动作分析</b> .....	113
第一节 动作分析概述.....	113
第二节 动素分析.....	115
第三节 影像分析.....	125
第四节 动作经济原则.....	131
第五节 作业改善——动作经济原则的应用.....	134
思考题.....	153
<b>第七章 秒表时间研究</b> .....	155
第一节 秒表时间研究的含义、特点及适用对象.....	155
第二节 秒表时间研究的工具.....	156
第三节 秒表时间研究的步骤.....	160
第四节 常用的几种评定方法.....	176
第五节 作业评定的培训及应用案例.....	183
思考题.....	188
<b>第八章 工作抽样</b> .....	189
第一节 工作抽样的原理.....	189
第二节 工作抽样的方法与步骤.....	191
第三节 工作抽样应用实例.....	203
思考题.....	208
<b>第九章 预定动作时间标准法</b> .....	209
第一节 预定动作时间标准法概述.....	209
第二节 模特排时法.....	212
第三节 方法时间衡量 (MTM).....	238
第四节 工作因素法 (WF简易法).....	247
思考题.....	250





<b>第十章 标准资料法</b> .....	252
第一节 标准资料法的概念、特点和用途.....	252
第二节 标准资料的种类、形式和分级.....	253
第三节 标准资料的应用范围、条件和方法.....	257
第四节 标准资料的编制.....	258
思考题.....	266
<b>第十一章 学习曲线</b> .....	267
第一节 学习曲线概述.....	267
第二节 学习曲线的原理.....	268
第三节 学习曲线的应用.....	271
第四节 知识学习曲线简述.....	275
思考题.....	276
<b>第十二章 现场管理方法</b> .....	277
第一节 现场管理概述.....	277
第二节 “5S”管理.....	280
第三节 定置管理.....	295
第四节 目视管理.....	302
思考题.....	310
<b>第十三章 工作分析与设计</b> .....	311
第一节 工作分析.....	311
第二节 工作设计与评价.....	326
思考题.....	330
<b>第十四章 工业工程的发展</b> .....	331
第一节 现代工业工程面临的挑战.....	331
第二节 工业工程在企业信息化中的应用.....	333
第三节 现代工业工程的发展.....	338
思考题.....	343
<b>参考文献</b> .....	344

# 第一章 生产与生产率管理



## 第一节 企业生产运作

### 一、企业生产运作概述

制造过程（也称为生产过程）是将制造资源（原材料、劳动力、能源等，也称为生产要素）转变为有形财富或产品的过程。以制造过程为基本行为的制造业将可用资源与能源通过企业的制造过程，转化为可供人们使用或利用的工业品或生活消费品，它涉及国民经济的许多行业，如机械、电子、轻工、化工、食品、军工、航空航天等。可以说，制造业是国民经济和综合国力的支柱产业。

下面以几种典型的制造企业为例，了解其组成、生产运作的主要内容及主要的管理模式。

#### （一）离散型制造企业

离散型制造（Intermittent Manufacturing）是指以一个个单独的零部件组装成最终成品的生产方式。其生产组织类型按其规模、重复性特点又可分为车间任务型（Job-shop）和流水线型（Flow-shop）。离散型制造企业分布的行业较广，主要包括：机械加工、仪表仪器、汽车、服装、家具、五金、医疗设备、玩具生产等。

##### 1. 车间任务型生产

车间任务型生产是指企业的生产同时在几个车间交叉进行，生产的零部件最终传送到装配车间进行装配，装配好的成品由质量部门检测，合格件出厂交付市场的一种生产组织方式。

车间任务型生产主要适用于单件、小批量生产方式的机械制造企业。企业主要按用户订单组织生产。销售人员和用户签订合同和技术协议以后，生产管理部门根据合同制定生产计划，并给各车间下发生产任务，同时还要组织原料采购，负责生产过程中加工物料的调度。技术部门根据技术协议设计产品图样，提交提前购买的物料清单，并负责解决整个生产过程中的技术问题。各个车间按照生产计划领料，组织生产需要的各种零、部件，按计划完成并交到下一道工序的车间或装配车间，以保证生产的正常运行和成品的按时完成。



车间任务型生产的特点是每项生产任务仅使用整个企业的一小部分能力和资源；另一特点是生产设备一般按机群方式布置，即将功能相同或类似的设备按空间和行政管理的隶属关系组建成生产组织，形成诸如车、刨、铣、磨、钻、装配等工段或班组。每一种产品、每一个零件的工艺过程都可能不一样，而且，可以进行同一种加工工艺的机床有多台。这种生产方式要求各个车间、各个部门之间要协调一致，各个车间要保质、保量、及时完成各自的任任务，以防延误工时，这就需要制定周全、缜密的生产计划和采购计划。

这种类型的企业需要的原材料一般品种繁多，生产管理部门在采购、调度时工作量较大，车间需要频繁领料，仓库管理员要定期清查原材料的存贮情况，及早向生产管理部门提交报告。在实际生产过程中，往往有很多不确定因素，如产品的重修返工，材料、半成品的报废等，使管理人员很难及时掌控现场状况。众多的零部件、半成品还需要有专门的仓库储藏保管。

## 2. 流水线型生产

流水线型生产是指加工对象按事先设计的工艺过程依次顺序地经过各个工位（工作地），并按统一的生产节拍完成每一道工序的加工内容的一种生产组织方式。这是一种连续的、不断重复的生产过程。在20世纪初，亨利·福特成功地将“专业化分工”和“作业标准化”的原理运用到汽车装配中，创造了世界上第一条汽车装配流水线，使生产效率大幅度提高，从而导致福特汽车的成本10年间从每辆2000美元下降到263美元。可以说流水线型生产方式拉开了现代工业化生产的序幕。图1-1所示为汽车定位焊自动化装配生产线。

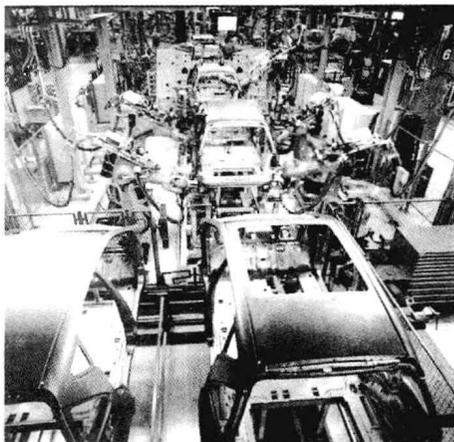


图1-1 汽车定位焊自动化装配生产线

流水线型生产的基本特征有以下几点：

- 1) 工作地的专业化程度高，按产品或加工对象组织生产。
- 2) 生产按节拍进行，各工序同期进行作业。
- 3) 各道工序的单件作业时间与相应工序的工作地（或设备）数比值相等。即

$$\frac{t_1}{s_1} = \frac{t_2}{s_2} = \dots = \frac{t_i}{s_i} = \dots = \frac{t_m}{s_m} = r \quad (1-1)$$

式中， $t_i$ 为第*i*道工序的单件作业时间； $s_i$ 为第*i*道工序的设备数； $i=1,2,\dots,m$ （ $m$ 为一条流水生产线的工序数）。

式（1-1）表明流水生产线上各道工序的生产能力是相等的。

4) 工艺过程是封闭的。即加工对象全部在线上连续加工，不接受线外加工，且工作地（设备）按工艺顺序成线状连续排列，加工对象在工序间单向流动，各工序作业有先后顺序约束，生产过程连续而均衡地进行。

汽车制造企业就是典型的流水线型生产企业。近年来，为实现我国普通老百姓的“汽车梦”，国家对汽车产业政策作了重大变革，国内汽车制造商纷纷与国外的知名汽车制造商合



作，引进国外的产品、生产与管理技术，推出了一系列具有国际先进水平的汽车产品。

例如，国内某汽车企业与日本某公司合资组建了经济型轿车及零部件生产公司，包括冲压、焊接（见图1-2）、涂装、总装四大生产线以及检测线。



图1-2 某汽车公司焊接车间的一角

该公司在生产组织上，实施作业标准化、同步物流和零库存管理等，全面深入推进精益生产方式，同时将精益管理和信息化管理相结合；在现场管理上，普及全员质量管理意识，推行精细化管理、目视管理和看板管理，使每位员工都树立了“只有一流的工作环境，才能造出一流产品”的思想，保证了产品的高品质。

在质量控制方面，该公司确立了打造“质量先导型”企业的方针，狠抓研发、供应、制造等关键环节的质量提升。建立生产质量跟踪、指南数据库与统计过程控制、测量系统分析等专业工具。同时，注重自主研发能力，不断加大研发投入力度。2010年，该公司下达科研计划共计375项，科研计划完成率达99.20%。

在营销环节上，该公司花大力气进行市场建设，积极推行发达国家流行的营销代理制和品牌专卖制，实行“整车销售、备件供应、维修服务和信息反馈”四位一体的营销体系。在全国逐步建立起了适应汽车规模经济发展所需要的多元化销售服务体系。目前该公司遍布全国的服务中心达到1000余家，2011年微型车和自主轿车的县乡营销网络覆盖率达到了86%和35%。

上述措施，铸就了该企业在国内汽车行业中较强的竞争力。该公司汽车销量从2005年的63万辆发展到2011年的200.85万辆，国内汽车市场占有率从8.24%上升到11.11%。汽车产销增速位居国内汽车行业第一阵营之首。

## （二）流程型制造企业

流程型制造（Flow Manufacturing）包括重复生产（Repetitive Manufacturing）和连续生产（Continuous Manufacturing）两种类型。重复生产又叫大批量生产，与连续生产有很多相同之处，区别仅在于生产的产品是否可分离。重复生产的产品通常可一个个分开，它是离散制造方式高度标准化后，为批量生产而形成的一种生产方式；连续生产的产品则是连续不断地经过加工设备进行加工，且一批产品通常不可分开。

流程型制造是指通过对于一些原材料的加工，使其形状或化学属性发生变化，最终形成新形状或新材料的生产方式，诸如石油、化工、钢铁企业就是典型的流程型制造企业。不难看出，许多流程型制造企业都是重要的能源和原材料工业，产品品种稳定，生产量大。它们的产品常常不是以新取胜，而是以质优价廉取胜。因此，企业生产过程的自动化程度比较高，其目标是如何有效地监测和控制生产过程，使生产过程处于最佳状态，节省原材料，降低能耗与其他消耗，提高产品的收得率与优质品率，提高设备的寿命等。



某钢铁制造企业由过去只生产螺纹钢、线材等建筑用钢材，发展为生产棒材、线材、焊管、焊丝、热轧板、冷轧板、钢结构件等多品种、多规格的系列产品，使产品结构更加适应市场需求。通过三轮大规模技术改造后，采用了先进的“四全一喷”生产工艺，实现了废水、废渣、烟尘、余热的闭路循环。如今已拥有4条全国一流的生产线：年产50万t的高速线材生产线，年产90万t的高速棒材生产线，年产100万t的热轧板生产线和年产60万t的冷轧板生产线。2010年形成了500万t钢的生产能力，年销售收入达到250亿。

钢铁制造企业的生产特征一般为投入较单一的原料与多种辅料，中间产品如铁液、钢液、连铸坯的种类较少，而经过轧制和其他后继加工工艺后转换成不同规格的成品。某钢铁企业生产总体流程如图1-3所示。该企业的生产车间如图1-4所示。

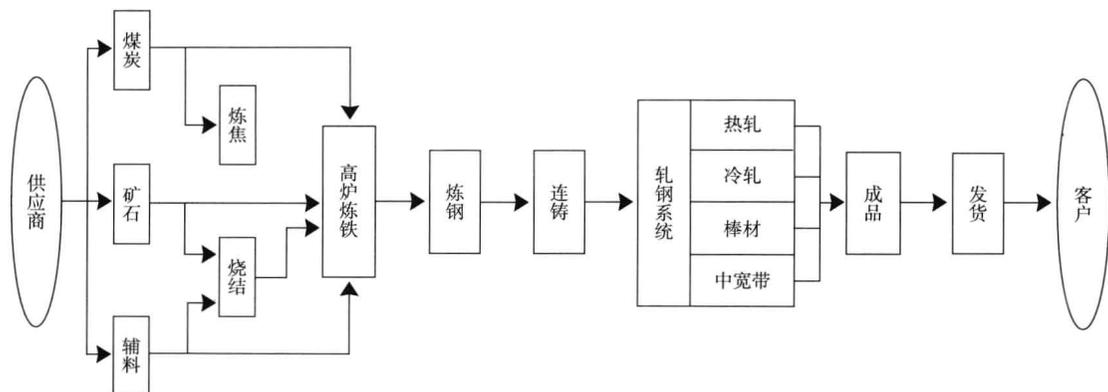


图1-3 某钢铁企业生产总体流程



图1-4 某钢铁企业的生产车间

### (三) 重入离散型制造企业

重入离散型制造 (Re-entrant Manufacturing) 是指产品或零件在制造过程中被某些机器 (至少1台) 重复加工2次以上的制造过程。随着重复进入的机器数量和重复进入机器的次数增加, 生产系统的管理和控制也越来越复杂。

从系统的组成和运作方式看, 半导体制造业等高科技制造系统的规模往往十分庞大, 技术含量高, 生产工艺复杂, 具有典型的重入离散型制造的特点, 并且重复进入的机器数量和

重复进入机器的次数多,故可以将这类制造系统称为大规模重入离散型制造系统(Large-scale Re-entrant Manufacturing System, LRMS)。先进半导体芯片制造(Semiconductor Wafer Fabrication System, SWFS)、液晶显示屏制造(Liquid Crystal Display, LCD)、印制电路板制造(Printed Circuit Board, PCB),以及其他数字通信设备等制造都是当今高科技制造业的典型代表。目前,上海、北京、天津、广东等地已相继成立了若干半导体晶圆片制造集团,能够生产单位尺寸为4~12in(1in=0.0254m)的半导体晶圆片,生产工艺已经从130nm制程(2003年)发展到现在的25nm制程。特别是以上海为龙头的长江三角洲地区,已经形成了以中芯国际、台积电、宏力半导体等国际半导体生产集团为首的芯片制造加工密集区,发展势头十分强劲。

一个现代半导体芯片制造企业往往同时拥有若干晶圆(Wafer)厂,各个厂之间互相协作、共享资源,使得整个制造系统异常庞大和昂贵。一座月产能为3万片的8in(200mm)半导体晶圆厂的总造价目前为160亿人民币,包含有300余台芯片加工设备,其成本将占整座晶圆厂造价的70%以上。受到需求的刺激,晶圆代工企业也在逐步扩大规模,建设一座12in超级工厂(MegaFab)式的晶圆厂,月产能可达10万~15万片,投资金额则高达420亿~480亿人民币。

重入离散型电子制造系统多用于制造现代微电子产品,产品加工过程精密而复杂,工序繁多,生产周期长,并且产品在整个加工过程中需多次甚至数十次经过相同的机器群组加工。现在半导体芯片制造企业多采用代工(OEM)生产模式,是典型的多品种、混合型复杂生产系统,一般要同时生产50多种,甚至多达100多种的IC芯片产品。每一种产品的工艺要求、加工路线和交货期均不相同,在加工过程中被加工对象呈数百倍,甚至上千倍地增值,因此,对生产过程的管理提出了许多新的课题。



图1-5 电子表面贴装元件的插装生产线

图1-5所示为电子表面贴装元件的插装生产线。

#### (四) 服务型企业

服务型企业不管是从事制造业还是从事服务业,都必须以为人们提供服务,为社会服务为中心来组织生产。生产的产品只有让顾客满意,得到顾客的承认,才能实现产品的价值,企业才能生存。

服务型企业运作类型的划分一般有以下两种方法:

##### 1. 按顾客的需求特性分

1) 通用型服务。它主要是针对一般的、日常的社会需求所提供的服务,如零售批发业、学校、交通运输业、餐饮业等。其特点是服务过程比较规范,服务系统有明显的前、后台之分。顾客只在前台接受服务,而后台提供技术支撑,不直接与顾客发生关系。因此在某种意义上,它类似于制造业,需考虑规模效益。

2) 专用型服务。它主要是针对顾客的特殊要求或一次性要求所提供的服务,如医院、汽



车维修站、各类咨询公司、律师事务所等。专用型服务与顾客有较紧密的接触，一般无前后台之分，服务性特点更为明显，难以制定统一的服务过程规范。

## 2. 按系统的运作特点分

1) 技术密集型服务。它需要更多的设备来支持所提供的服务，如航空公司、银行、娱乐业、通信业、医院等。此种类型的企业更加注重合理的技术装备的投资决策和有效的管理。

2) 人员密集型服务。它更多依赖高素质的人员来支持所提供的服务，如学校、百货公司、咨询业、餐饮业等。此种类型的企业更加注重人员的聘用、培训和激励等。

可以用表1-1更为直观地表示服务型企业的运作类型。

表1-1 服务型企业运作类型的划分

按顾客的需求特点分 按运作系统特点分	通用型服务	专用型服务
技术密集型服务	航空、运输、金融、旅游、娱乐、通信、邮电、广播电视	医院、汽车修理、技术服务业
人员密集型服务	零售、批发、学校、机关、餐饮	咨询公司，建筑设计，律师、会计师事务所

## 二、企业生产运作与管理存在的问题

在市场竞争越来越激烈的时代，一个企业要想在市场竞争中立于不败之地，其生产运作与管理必须解决如何组织有限的资源来高效率、高质量、低成本地满足客户需求的问题。下面以汽车制造企业为例，探讨企业在生产运作管理上面临的主要问题。

作为一个汽车制造企业，在拿到订单或预测到产品的需求之后，应该考虑的问题主要有：

- 1) 如何在规定的时间内完成所需的产品品种和数量？
- 2) 如何保证产品质量、降低产品的成本？
- 3) 如何高效率地完成上述管理活动？

对于第一个问题，其实质是企业的生产计划与控制问题。如要生产一定数量的汽车，首先要明确生产这些汽车需要哪些零部件、需要多少？其中哪些由自己的工厂生产？哪些需要外购？生产或外购的提前期又是多少？经过分析之后，结合库存状况，制定可执行的生产计划，计划可以具体到每周，甚至每天。在计划的执行过程中，还要进行有效的监控，以便能够按时完成所需的产品。

计划对于产品的生产主要起指导与控制的作用，要保证产品高质量、低成本地完成，还必须加强对产品生产过程及其环境的管理。质量是产品的灵魂，在产品的设计、生产过程中要严格按照产品的质量标准进行。现场管理是企业的根本，可以说企业的绝大部分问题都可以从现场发现，并且通过有效的现场管理加以解决。目前，企业的现场管理普遍存在如下问题：



1) 浪费严重, 主要是物料的浪费。

2) 无效劳动普遍存在。

3) 现场环境较差。如原材料、半成品乱堆乱放, 地面脏乱不堪, 杂物堆积, 通道堵塞, 作业面狭窄, 即“脏、乱、差”的情况比较严重。所有这些都严重阻碍生产的顺利进行, 延长生产时间, 增加产品的生产成本等。

高效率是现代企业共同追求的目标。众所周知, 企业的效率主要在于其运作流程或作业方法等方面。现在, 很多企业存在着作业的复杂化、流程的冗余等问题。具体表现在以下几点:

1) 工人的具体操作复杂, 重复性工作多, 没有一套标准、规范的操作流程。

2) 企业的整体流程运作不规范、不科学, 流程的整体流向不清晰, 流程也没有一定的标准, 各分支公司或各部门都按照自己的一套流程来处理。

3) 流程分裂, 各部门间职能界线不清晰, 造成流程运行不畅, 部门间的协作效率低下。

4) 流程的重复性作业多, 作业等待时间长。

总之, 企业在运作流程或作业方法上普遍存在的问题是: 没有一套标准、规范、优化的作业流程, 造成企业整体流程的运作时间延长, 效率降低。

有效的企业运作与管理, 还需要以下一些方面的支持:

1) 企业领导及员工的高素质。

2) 合理的生产场所布局和物流规划。

3) 与企业匹配的管理信息系统。

4) 现代人力资源管理的支持等。

基础工业工程正是针对企业生产运作与管理中存在的问题发展起来的。该课程重点解决上述问题中的如下一些问题:

1) 最佳作业方法问题。

2) 最佳作业方法的标准化及其劳动定额问题。

3) 与最佳作业方法相关的生产场所布置、物流路线设计、工具设计等问题。

4) 工作设计问题。

5) 现场管理问题。

本书以后各章节将就上述问题进一步展开讨论。



## 第二节 生产率与生产率管理

### 一、生产率与生产率工程

前面已介绍, 生产具有将生产要素转换成有形财富(产品)的功能。据此, 可以把生产简化为生产要素经过投入、转换(生产过程), 而得到产出物的过程, 如图1-6所示。

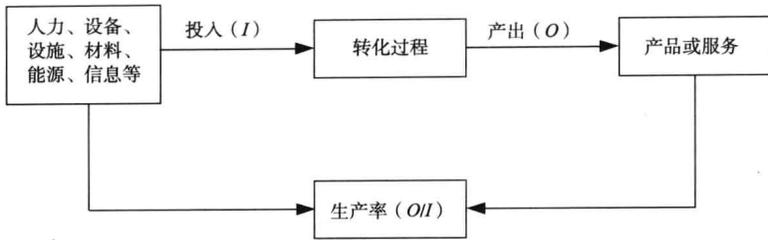


图1-6 生产系统的结构

大多数组织都以提高生产率，以较少的投入生产较多的产出为目的，这也正是人类进步的主要推动力。在过去的120多年中，工业化国家制造业的生产率提高了45倍多。在美国，每个工人每年的平均工作时间从3000多小时降低到1800小时左右。生产率的大爆炸同时引起了教育事业10倍的拓展和保健事业的大发展。生产率已成为国家的财富。

某厂商与其竞争者相比，如果能用较少的原材料、工人、机器设备或其他生产资源生产出同样的或者质量更好的产品，那么无疑该厂商将享有竞争优势，能够赚取超额利润，赢得长期发展与成功。正是由于这一原因，用较少的投入生产较多的产出经常是企业战略的关键成功因素。

采用成本领先战略的企业要获得成功，必须比竞争对手以更少的资源完成相同的任务。采用差异化战略或集聚战略的企业，同样可以通过使用较竞争对手更少的资源消耗来增加毛利。政府和非营利组织总是要求其雇员用有限的资源做更多的工作。经济学家和财务分析师们经常使用每单位投入的产出量作为衡量一国竞争力和经济福利状况的指标。

生产率 (Productivity) 是产出与投入比，用来描述上述转换功能的效率。即

$$P = O/I \quad (1-2)$$

式中， $P$ 为生产率 (Productivity)； $O$ 为产出 (Output)； $I$ 为投入 (Input)。

衡量生产率的主要目的是为了通过使用较少的投入生产相同的产出或者通过使用相同的投入生产较多的产出来改善经营。生产率的改进需要一种标杆 (Benchmark) 或者标准 (Criteria) 来衡量，并以此标准来决定为达到某一目标所需的改进程度。经常使用的标准包括本企业过去的生产率指标、已制定的行业标准，或者由企业高层确定的一种标杆 (以此作为企业要达到的目标)。

工业工程的功能就是规划、设计、管理和不断改善生产系统，使之更有效地运行，取得更好的效果。所以，生产率是衡量工业工程应用效果的基本指标，是工业工程师必须掌握的一个重要尺度和准则。

## 二、生产率管理与测定

生产率管理就是对一个生产系统的生产率进行规划、测定、评价、控制和提高的系统管理过程。其实质是以不断提高生产率为目标和动力，对生产系统进行积极地维护和改善。

生产率管理是一个较大的管理过程中的一个子系统，其内容包括根据系统的产出和投入之间的关系来进行规划、组织、领导、控制和调节，它包括生产率测定和生产率评价两方面。



## （一）生产率测定与评价的概念和意义

### 1. 生产率测定与评价的概念

所谓生产率测定与评价（测评），是对某一生产、服务系统（组织）或社会经济系统的生产率进行测定、评价及分析的活动和过程。它包括：

1）生产率测定（Productivity Measurement）。根据生产率的定义，比较客观地度和计算对象系统当前生产率的实际水平，为生产率分析提供基本素材和数量依据。

2）生产率评价（Productivity Evaluation）。在将对象系统生产率实际水平的测算结果与既定目标、历史发展状况或同类系统水平进行比较的基础上，对生产率状况及存在的问题所进行的系统评价和分析，它能为生产率的改善与提高提供比较全面、系统和有实用价值的信息。

生产率测评是一项完整工作的两个阶段，相互依存，缺一不可。生产率测定是评价的基础和重要依据，没有经过测定的生产率评价是缺乏客观性和说服力的。生产率评价是生产率测定的目的和必然发展，不进行评价与分析的生产率测定实际意义不大，所提供的信息基本没有实用价值。

### 2. 生产率测评的意义

在整个生产率工程及管理工作过程中，生产率测评的地位与作用十分重要，它指出了在哪里可寻找机会来提高生产率，并指明了改善与提高的工作量的大小。因此，生产率测评是生产率提高的前提，是生产率管理系统过程的中心环节和实质内容之一。

在企业生产系统等微观组织的发展过程中，生产率测评的作用和意义主要表现在以下五方面：

1）定期或快速评价各种投入资源或生产要素的转换效率及系统效能，确定与调整组织发展的战略目标，制定适宜的资源开发与利用规划和经营管理方针，保证企业或其他组织的可持续发展。

2）合理确定综合生产率（含利润、质量、工作效果等）目标水平和相应的评价指标体系及调控系统，制定有效提高现有生产率水平、不断实现目标要求的策略，以确保用尽可能少的投入获得较好或满意的产出。

3）为企业或组织的诊断分析建立现实可行的“检查点”，提供必要的信息，指出系统绩效的“瓶颈”和发展的障碍，确定需优先改进的领域和方向。

4）有助于比较某一特定产业部门或地区、国家层次中不同微观组织的生产率水平及发展状况，通过规范而详细的比较研究，提出有针对性的并容易被人们所接受的提高与发展方案和相应的措施，以提高竞争力，求得新的发展。

5）有助于决定微观组织内各部门和工作人员的相对绩效，实现系统内各部分、各行为主体间利益分配的合理化和工作的协同有序，从而保证集体努力的有效性。

## （二）生产率测评的种类

生产率作为生产系统产出与投入比较的结果，依据所考察的对象、范围和要素的不同，可具有各种不同的表现形式，因而有不同类型的生产率及其相应的测评方法，如图1-7所示。

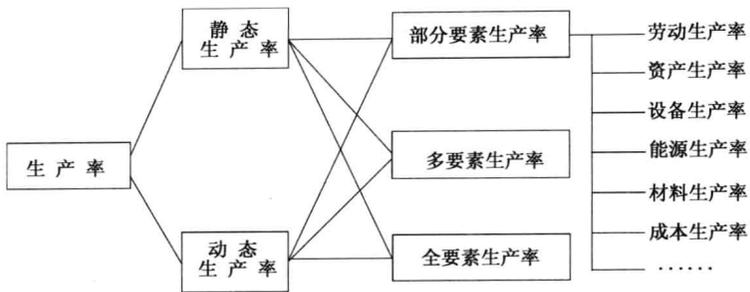


图1-7 生产率测评的种类

1. 按生产系统投入资源或要素范围分类

(1) 单要素生产率 (Single Productivity, SP) 它是生产过程的总产出与某一种资源 (要素) 的投入之比。这时对各种资源投入而言可有不同的生产率度量。例如, 各种生产组织 (企业) 最常见的部分要素生产率包括:

- 1) 劳动生产率。是指只考虑劳动力 (人数、工时等) 投入所计算的生产率。
- 2) 资本生产率。是指用固定资产账面值或折旧费作为投入计算的生产率。
- 3) 设备生产率。是指投入资源为设备额定产出能力或可利用工时的生产率。
- 4) 能源生产率。是指用能源这一项资源 (通常以千瓦为单位) 作为投入 (只考虑能耗) 的生产率。
- 5) 原材料生产率。是指以投入生产过程的原材料重量或价值来计算的生产率。
- 6) 成本生产率。是指将所有资源的成本总计作为投入, 是一种比较特殊的要素生产率。

另外, 还有工资生产率、投资生产率、外汇生产率、信息生产率等要素生产率。

部分要素生产率的测定一般根据生产率的定义, 采用直接求产出量与投入量之比, 或产出量与投入量指数之比的算术方法 (比值法) 来实现。

(2) 多要素生产率 (Multifactor Productivity, MP) 它是生产过程或系统的总产出与几种生产要素的实际投入量之比, 表明几种要素的综合使用效果。

(3) 总生产率或全要素生产率 (Total Productivity, TP) 它是生产过程或系统的总产出与全部资源 (生产要素) 的投入总量之比。

全要素生产率的定量测评比较复杂, 应按照系统评价的原理和定量与定性分析相结合的基本方法来进行。通常采用各种系统评价方法及效用函数、数据包络分析 (DEA) 方法和生产函数法 (如柯布一道格拉斯生产函数、丹尼森法、超越对数函数法等)。在经过适当简化处理后, 也可直接采用比值法。采用比值法所建立的全要素生产率简化测算模型在许多场合仍是简单实用的。

2. 按生产系统运作结果分类

从生产系统运作结果分类可将生产率分为狭义生产率和广义生产率两类。

(1) 狭义生产率 它是指只考虑直接的资源 (要素) 投入产出结果的各种要素生产率, 其测评方法如前所述。

(2) 广义生产率 它是指生产系统从投入到产出转换过程的总绩效或效能 (Performance)。通常可用如下指标进行测评:



1) 效益或效果 (Effectiveness)。即生产系统实现既定目标的程度。该目标应是充分考虑系统内、外部环境条件的适宜目标。

2) 效率 (Efficiency)。即系统对资源的利用程度。该指标更强调对资源 (时间、资本、劳动力等) 的节约和有效使用。

3) 质量 (Quality)。即生产系统的行为及其结果符合用户要求或技术规格的程度。

4) 生产率 (Productivity)。即生产系统的投入量与产出量之比。

5) 获利能力 (Profitability)。即衡量生产系统在一定时期中盈利性的指标, 如利润、利润率等。

6) 工作生活质量 (Quality of Work Life)。即生产系统的设备、工具、设施和环境等方面对促进劳动者健康、安全、舒适、高效率工作的条件好坏, 反映系统在一定时期内维持正常运作与保持发展的能力与水平: 它与系统运行过程中各方面的协作与配合程度等有很大关系。

7) 创新 (Innovation)。即生产系统的创造性和在较长时期内不断改善与持续发展的能力。

以上七个绩效指标是密切相关的, 它们之间的因果关系如图1-8所示。

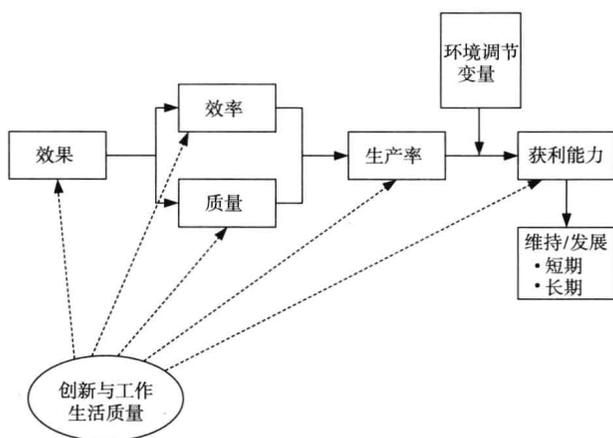


图1-8 生产系统基本绩效指标的因果关系

对广义生产率的测评只能是一项系统评价工作, 需要建立适宜的系统效能评价指标体系, 采用以多指标为基础、定性与定量相结合的系统评价方法来进行综合评定。

### 3. 按生产率测评层次和对象分类

大体上有国民经济生产率、部门 (或行业) 生产率、地区经济生产率、组织 (企业等) 生产率等。组织生产率测评又分为对营利组织 (企业等) 和非营利组织 (政府和公共机构等) 等不同类型组织生产率的测评, 以生产企业为代表的营利组织的生产率测评更具代表性和现实意义, 测评方法也相对比较规范和成熟。

### 4. 按生产率测评方式分类

按生产率测评方式分类, 可将生产率及其测评指标分为如下两类:

1) 静态生产率 (Static Productivity Ratios)。它是指某一给定时期的产出量与投入量之

比，也就是一个测评期的绝对生产率。比值法和系统评价法是静态生产率测评有效的基本方法。

2) 动态生产率指数 (Dynamic Productivity Indexes)。它是指一个时期 (测评期) 的静态生产率被以前某个时期 (基准期) 静态生产率相除所得的商，它反映了不同时期生产率的变化。比值法和基于统计学与计量经济学原理的各种方法是动态生产率指数测评的基本方法和常用技术。

此外，从对生产系统投入与产出的计量形态看，可分为实物形态和价值形态生产率两种不同表达方式。一般只要产品比价和物价指数等没有问题，以价值形态表示的生产率指标比较准确且更易加总与综合。

### (三) 生产率测定的基本方法

生产率测定在企业等组织系统和生产率管理过程中的位置及其基本数量关系如图1-9所示。

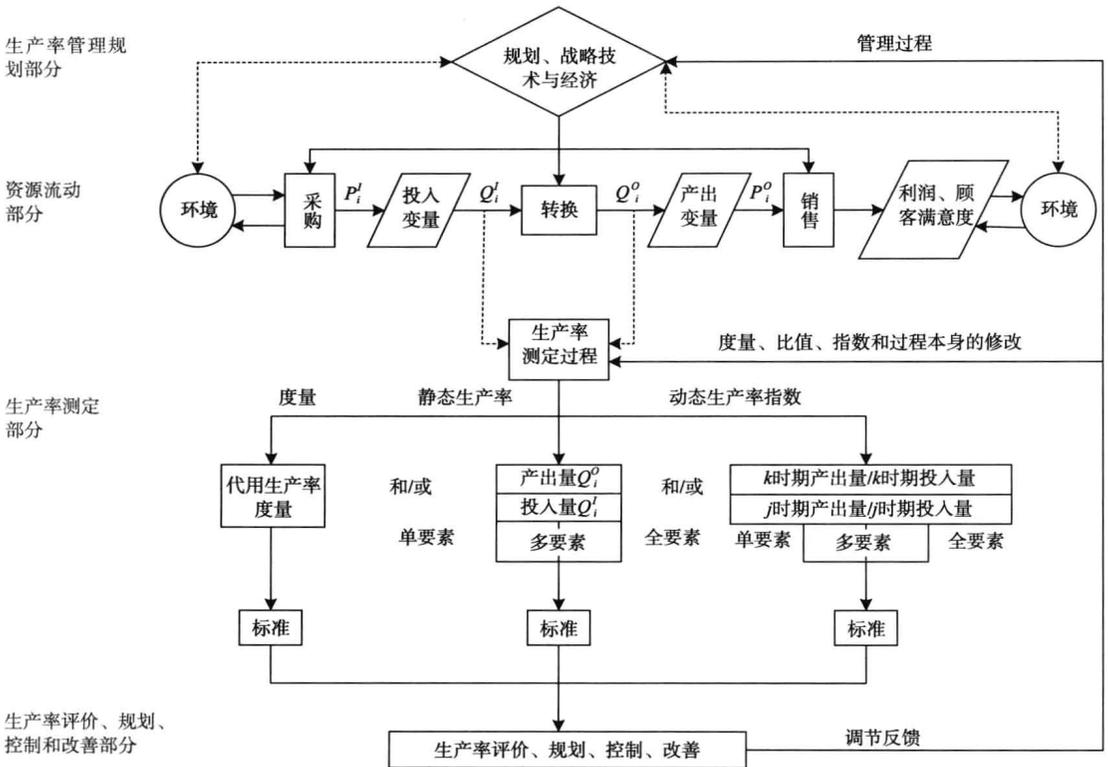


图1-9 生产率管理系统模型图

根据图1-9所示生产率管理系统模型所提供的生产率测算的基本指标及其具体数量关系，有如下测定生产率的基本关系和相应的测算公式，即



$$\text{静态生产率} = \frac{\text{测定期内产出量}}{\text{测定期内要素投入量}} \quad (1-3)$$

$$\text{单要素生产率} = \frac{\sum_{i=1}^q Q_i^o}{Q_i} \quad (1-4)$$

$$\text{多要素或全要素生产率} TP = \frac{\sum_{i=1}^q Q_i^o}{\sum_{i=1}^m Q_i} \quad (m \leq q) \quad (1-5)$$

$$\text{动态生产率指数} = \frac{k\text{时期产出量}/k\text{时期投入量}}{j\text{时期产出量}/j\text{时期投入量}} \quad (1-6)$$

$$\text{全要素生产率指数} TPI = \frac{\sum_{i=1}^q Q_{i,k}^o / \sum_{i=1}^m Q_{i,k}^j}{\sum_{i=1}^q Q_{i,j}^o / \sum_{i=1}^m Q_{i,j}^j} \quad (1-7)$$

式中,  $Q_i^o$ 、 $Q_i^j$  分别为测定期内第  $i$  种产出量与投入量;  $Q_{i,k}^o$ 、 $Q_{i,k}^j$  分别为现测定期  $k$  内第  $i$  种产出量与投入量;  $Q_{i,j}^o$ 、 $Q_{i,j}^j$  分别为基准期  $j$  内第  $i$  种产出量与投入量。

实质上, 单要素生产率指数在测算上可看做全要素生产率指数  $TPI$  的特例, 只要令式 (1-7) 中  $m=1$  即可。

生产率测算的基本公式基于生产率的定义, 是测算各种生产率指标的基础, 且对部分要素生产率的测算是比较方便和实用的。然而, 在考虑多种资源 (或生产要素) 综合投入及具有多种不同产出 (产品和服务)、生产系统及其环境状况动态变化 (如产品结构和领域调整、价格及成本的变动、各种广义生产率指标的出现) 等实际情况时, 对生产率的科学测算就比较复杂, 甚至有些困难了。

要解决上述问题, 必须从以下几个方面着手: 首先, 对于多种不同类型的要素 (人力、材料、设备等) 要统一其度量单位, 准确地反映投入、产出的真实量度; 其次, 要确定系统或被分析单元的边界, 明确哪些是产出, 哪些是投入; 再次, 确定各种要素对生产率的作用大小或权重。最主要的问题还在于各要素之间的相互作用, 这对总生产率的影响常常是随机的。

#### (四) 生产率评价的基本方法

在得到生产率测定的结果之后, 为了给生产率的改善提供更有实际意义的信息, 还须采用系统评价等方法对系统的生产率, 尤其是广义生产率进行系统评价。因为生产率测算的结果只能反映出对象系统当前投入与产出的数量关系, 这既不能表明其生产率的高低或满足目标要求的程度, 也无法显示出生产率的综合水平。系统评价对各类管理问题 (如生产率管理) 的系统分析与决策是必不可少的。

系统评价过程要有切实的客观基础 (如对生产率水平的定量测算), 这是第一位的; 同时, 评价的最终结果在某种程度上又取决于对评价主体多方面的主观认识, 这是由价值的特点所决定的。因此, 可用来进行生产率测评的具体方法或技术是多种多样的, 其中比较有代表性的方法是: 以经济关系和量化及优化分析为基础的费用—效益 (或投入—产出) 分析法和数据包络分析法; 以多指标评价和定性分析与定量分析相结合为特点的层次分析法、模糊综合

评判法等，如图1-10所示。

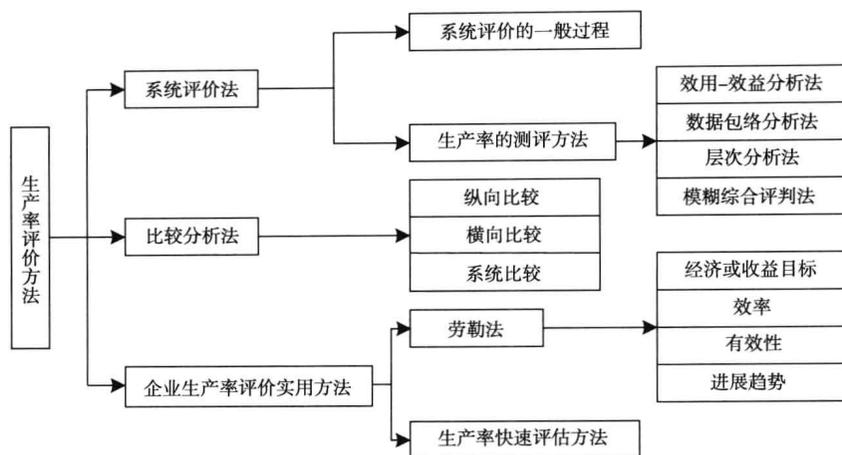


图1-10 生产率评价方法

### 三、影响生产率的因素及其提高途径

提高劳动生产率的途径很多，归纳起来，主要有两种办法：一是增加资源的投入，如增加投资、更新设备、吸收外资、引进技术等；二是从改进方法入手，提高劳动者的积极性、技术水平和操作熟练程度，充分挖掘企业的内部潜力，努力降低成本，促使企业走内涵发展的道路。

影响生产率提高的因素很多，也很复杂。既有人的因素，也有物的因素；既有宏观因素，也有微观因素；既有客观因素，也有主观因素；既有历史因素，也有现实因素；既有技术因素，也有管理和政策因素；还有教育、文化等因素。在这些因素中，有的是生产系统本身的构成因素，有的则是生产系统外部的环境因素。在提高生产率的过程中，它们相互影响，相互制约，共同发挥作用。

对于国家和部门（产业）这样的宏观经济来说，影响生产率提高的各种因素可见表1-2。

表1-2 影响国家和部门（产业）生产率提高的因素

主要的影响因素	人力资源、经济结构、科技水平、宏观管理政策等
直接的影响因素	产品结构及设计、生产系统规划与设计、生产规模、组织合理性、职工素质、管理及激励等
至关重要的因素	人力资源开发与与管理、组织变革与管理、技术创新与进步等

在影响生产率提高的因素分析中，人力资源状况是影响生产率提高的首要因素。因此，越来越多的企业在采用第一种方法提高生产率的基础上，更加重视第二种方法，而这种方法就是工业工程基础技术——工作研究的原理和方法的具体实施。

参照国际劳工组织基于影响因素的归纳，综合出提高生产率的基本要素及方法，见表1-3。



表1-3 提高生产率的基本要素及方法

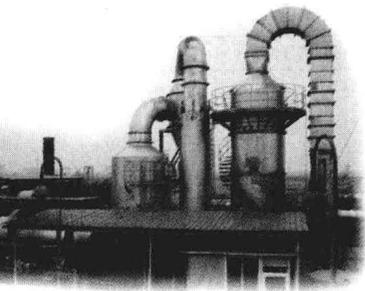
提高生产率的外部要素/方法	提高生产率的内部要素/方法
1. 全社会管理者和职工对提高生产率的态度 2. 提高生产率的经济和环境方面的要素(方法) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 市场规模及稳定性</li> <li>· 社会服务功能及政策环境</li> <li>· 有效的培训设施</li> <li>· 原材料的质量和适用性</li> <li>· 税收结构</li> <li>· 产(行)业结构</li> <li>· 生产要素的品质及可用性</li> <li>· 研究信息交换与技术革新</li> <li>· 资金和信贷的可利用性</li> </ul>	1. 工厂布置、机器和设备 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 产品系统结构</li> <li>· 设备水平及机器的维修保养</li> <li>· 人一机—环境系统设计</li> <li>· 物料搬运</li> <li>· 工厂布置</li> </ul> 2. 成本会计和降低成本的技术 3. 生产的组织、计划和控制 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 企业及生产系统合理组织</li> <li>· 作业研究</li> <li>· 质量控制</li> <li>· 生产计划和控制</li> <li>· 库存控制</li> <li>· 信息系统</li> <li>· 其他方法, 如运筹学、抽样、模拟、排队、网络技术</li> <li>· 简化、标准化和专业化(包括更好的产品系统设计)</li> </ul> 4. 人事策略 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 管理者与工人的合作</li> <li>· 督促与纪律</li> <li>· 作业时间</li> <li>· 劳动方法</li> <li>· 职务分析、绩效评价和晋升</li> <li>· 工资激励和利润分成计划</li> <li>· 职业培训</li> <li>· 工作条件和福利</li> <li>· 工人的选择与安排</li> <li>· 轮班数</li> </ul>

由此可见, 提高生产率是一项系统性工作, 其要素和方法几乎涉及工业工程的所有内容。以后章节将逐步讨论用工业工程技术提高生产率的方法。



## 思考题

1. 企业的生产运作有哪几种类型? 各有什么特点?
2. 企业生产运作与管理存在的主要问题是什么?
3. 生产率从本质上讲反映的是什么?
4. 生产率测评的意义是什么?
5. 生产率测评的种类与方法有哪些?
6. 提高生产率的方法有哪些?



## 第二章 工业工程概述

### 第一节 工业工程

#### 一、工业工程的定义

一般认为泰勒（Frederick W. Taylor）和吉尔布雷斯夫妇（Frank B. Gilbreth 和Lillian Moller Gilbreth）是IE的开山鼻祖。19世纪80年代，泰勒和吉尔布雷斯分别通过自己的实践，仔细观察工人的作业方式，寻找效率最高的作业方法，并且设定标准时间进行效率评估。结果不仅生产效率得以提高，工人的收入也得以增加，从而开创了工业工程（Industrial Engineering, IE）研究的先河。

工业工程的发展迄今已有一个多世纪。由于它涉及范围广泛，内容不断充实和深化，所以在其形成和发展过程中，不同时期、不同国家、不同组织和不同学者下过许多定义。在各种IE定义中，最具权威和今天仍被广泛采用的是美国工业工程师协会（AIIE）于1955年正式提出、后经修订的定义。其表述如下：“工业工程是对人员、物料、设备、能源和信息组成的集成系统进行设计、改善和实施的工程技术，它综合运用数学、物理学和社会科学的专门知识和技术，结合工程分析和设计的原理与方法，对该系统所取得的成果进行确定、预测和评价。”

该定义已被美国国家标准学会（American National Standards Institute, 简称ANSI）采用，作为标准术语收入美国国家标准Z94，即《工业工程术语》标准（Industrial Engineering Terminology, ANSI Z94, 1982）。该定义表明IE实际是一门方法学，它告诉人们，为把人员、物资、设备、设施等组成有效的系统，需要运用哪些知识，采用什么方法去研究问题以及解决问题。此定义明确指出了工业工程研究的对象、方法和内容以及学科性质，不足之处是没有明确指出IE的目标。

在日本，工业工程称为经营工学或经营管理，被认为是一门以工程专业（如机械工程、电子工程、化学工程、建筑工程等）为基础的管理技术。1959年日本工业工程协会（JIIE）成立时对IE的定义是在美国工业工程师协会1955年定义的基础上略加修改而制定



的。随着IE长期在日本的广泛应用和取得的成果，其理论和方法都取得了很大发展。日本工业工程师协会深感过去的定义已不适于现代生产的要求，故对IE重新定义如下：“IE是这样一种活动，它以科学的方法，有效地利用人、财、物、信息、时间等经营资源，优质、廉价并及时地提供市场所需要的商品和服务，同时探求各种方法给从事这些工作的人们带来满足和幸福。”该定义简明、通俗、易懂，不仅清楚地说明了IE的性质、目的和方法，而且还特别把对人的关怀写入定义中，体现了“以人为本”的思想。这也正是IE与其他工程学科的不同之处。

对于IE的定义，有人甚至简化成一句话：“IE是质量和生产率的技术和人文状态。”或者可以这样说：“IE是用软科学的方法获得最高的效率和效益。”

目前关于工业工程的定义还有很多，这里不一一列举。各种IE定义都旨在说明：

1) IE的学科性质。IE是一门技术与管理相结合的交叉学科。

2) IE的研究对象。IE是由人员、物料、设备、能源、信息组成的各种生产及经营管理系统以及服务系统。

3) IE的研究方法。IE是数学、物理学以及社会科学中的专门知识和工程学中的分析、规划、设计等理论，特别与系统工程的理论、方法和计算机系统技术关系密切。

4) IE的任务。IE是研究如何将人员、物料、设备、能源和信息等要素设计和建立一个集成系统，并不断改善，从而实现更有效的运行。

5) IE的目标。IE是提高生产率和效率、降低成本、保证质量和安全，以获取多方面的综合效益。

6) IE的功能。IE是对生产系统进行规划、设计、评价和创新。

## 二、工业工程的内涵

IE是实践性很强的应用学科，国外IE应用和发展情况表明，各国都根据自己的国情形成富有自己特色的IE体系，甚至名称也不尽相同。如日本从美国引进IE后，经过半个多世纪的发展，形成了富有日本特色的IE，即把IE与管理实践紧密结合，强调现场管理优化。而美国则更强调IE的工程性。然而，无论哪个国家的IE，尽管特色不同，其本质内涵都是一致的，可以概括为以下五个方面。

1. IE的核心是降低成本、提高质量和生产率

IE的发展史表明，它的产生就是为了减少浪费、降低成本、提高效率。而只有为社会创造并提供质量合格的产品和服务，才能得到有效的产出。否则，不合格产品生产越多，浪费越大，反而会降低生产率。所以，提高质量是提高生产率的前提和基础。

把降低成本、提高质量和生产率联系起来综合研究，追求生产系统的最佳整体效益，是反映IE内涵的重要特点。

2. IE是综合性的应用知识体系

IE的定义清楚地表明，IE是一个包括多种学科知识和技术的庞大体系。其本质在于综合地运用这些知识和技术，而且特别体现在应用的整体性上，这是由IE的目标——提高生产率



所决定的。因为生产率不仅体现各生产要素本身的使用效率，而且还取决于各个要素之间、系统的各部分（如各部门、车间）之间的协调配合。

企业要提高经济效益，必须运用IE进行全面研究，解决生产和经营中的各种问题。这里，既有技术问题，又有管理问题；既有物的问题，又有人的问题。因而，必然要用到包括自然科学、工程技术、管理科学、社会科学及人文科学在内的各种知识。这些领域的知识和技术不应是孤立运用的，而要围绕所研究的整个系统（如一条生产线、一个车间、整个企业等）的生产率提高而有选择地、综合地运用，这就是整体性。

IE的综合性集中体现在技术和管理的结合上。通常，人们习惯于把技术称作硬件，把管理称作软件，由于两者的性质和功能不同，容易形成分离的局面。IE从提高生产率的目标出发，不仅要研究和发展硬件部分，即制造技术和工具，而且要提高软件水平，即改善各种管理方法与控制程序，使人和其他各种要素（技术、机器、信息等）有机地协调，使硬件各部分发挥出最佳效用。所以，简单地说，IE实际是把技术和管理有机地结合起来的学科。

### 3. IE应用注重人的因素

生产系统的各组成要素中，人是最活跃和不确定性最大的因素。IE为实现其目标，在进行系统设计、实施控制和改善的过程中，都必须充分考虑到人和其他要素之间的相互关系和相互作用，以人为中心。从操作方式、工作站设计、岗位和职务设计直到整个系统的组织设计，IE都十分重视研究人的因素。如研究人一机关系，环境对人的影响，人工作的主动性、积极性和创造性，激励机制等，寻求合理地配置人和其他因素，建立适合人的生理和心理特点的机器和环境系统，使人安全、健康、舒适地工作，充分发挥人的能动作用和创造性，提高工作效率，并能最好地发挥其他各生产要素的作用。

### 4. IE是系统优化技术

IE强调的不仅是某种生产要素或某个局部（工序、生产线、车间等）的优化，而且是系统整体的优化，最终追求的是系统整体效益的最佳。所以，IE从提高系统生产率的总目标出发，对各种生产资源和环节作具体研究、统筹分析、合理配置；对各种方案作定量化的分析比较，以寻求最佳的设计和改善方案，充分发挥各要素和各子系统的功能，使之协调有效地运行。

### 5. IE重视现场管理

现场是企业为顾客制造产品或提供服务的地方，是由人、机、物、环境、信息、制度等各生产要素和质量、成本、交货期、效率、安全、员工士气六个重要的管理目标要素构成的一个动态系统。IE的研究对象是由人员、物料、设备、能源、信息组成的各种生产、经营管理及服务系统。由此看出，现场即为IE的重要研究对象。现场管理就是要不断改善、改进现场中存在的问题，消除一切不利因素，消除各种浪费，使整个现场处于“受控”状态。这符合IE的核心思想：消除浪费、降低成本。IE运用5S管理、定置管理和目视管理等方法 and 手段主要对现场的作业管理、物流管理、质量管理、设备管理、成本控制、生产计划与控制、组织结构管理等进行改进和优化以实现现场管理的目标。



## 第二节 工业工程的产生与发展过程

### 一、工业工程的产生

工业工程是工业化的产物，一般认为最早起源于美国。19世纪末20世纪初，美国工业高速发展，工厂由家庭小作坊向社会化大生产转化，劳动力严重不足，劳动效率低下。当时的工业生产很少有生产计划和组织，生产一线的管理人员对工人作业只是口头上的指导，很少进行训练，作业方法很少得到改进和提高。即使有所改进也完全是由工人自发、分散的个人行动，管理人员的工作方法缺乏科学性和系统性，主要凭经验办事，很少有人注意一个工厂或一种工艺过程的改进和协调，因而效率低，浪费大。以泰勒和吉尔布雷斯夫妇为代表的一大批科学管理先驱者为改变这种状况，以提高工作效率、降低成本为目标，进行了卓有成效的工作，开创了科学管理，为工业工程的产生奠定了基础，开辟了道路。

泰勒是一位工程师、效率专家和发明家，一生中获得超过一百多项专利。他是一位勤奋、自学成材的典范，当过普通工人、技工、工长、总技师及总工程师，并通过夜校学习，获得史蒂芬工学院机械工程学位。这些经历使他对当时生产管理和劳动组织中的问题比较清楚。他认为管理没有采用科学的方法，工人也缺乏训练，没有正确的操作方法和程序，大大影响了效率。他相信通过对工作的分析，可以找到改进的方法，设计出效率更高的工作程序。他系统地研究了工场作业和衡量方法，创立了“时间研究”（Time Study）。他通过改进操作方法，科学地制定劳动定额；通过采用标准化，极大地提高了效率，降低了成本。例如，1898-1901年他在伯利恒钢铁公司工作期间，研究了铲煤和砂矿的工作。通过试验和测定发现，每铲9.5kg时，装卸效率最高。泰勒采用科学方法对工人进行训练，结果使搬运量由原来每人每天12.5t增加到每人每天48t，搬运效率提高近4倍。经过这样改善，减少了所需的搬运工人数，使搬运费由8美分/h降低到4美分/h。后来泰勒将他的研究成果用于管理实践并提出了一系列科学管理理论和方法。1911年，泰勒公开发表《科学管理原理》，对现代管理发展作出了重大贡献。《科学管理原理》的发表被公认为是工业工程的开端。所以，泰勒在美国管理史上被称做“科学管理之父”，也被称做“工业工程之父”。

吉尔布雷斯也是工业工程奠基人之一，主要贡献是创立了与时间研究密切相关的“动作研究”（Motion Study）——对工人在从事生产作业过程中的动作进行分解，确定基本的动作要素（称为“动素”），然后进行科学分析，建立起省工、省时、效率最高和最满意的操作顺序。典型例子是对建筑工人的砌砖过程进行动作研究，确定砌砖过程中的无效动作、笨拙动作，并通过改进作业地布置和作业工具，使原先砌一块砖需要18个动作简化为5个动作，使砌砖效率由过去的每小时120块提高到每小时350块。1912年吉尔布雷斯进一步改进动作研究方法，把工人操作时的动作拍成影片，创造了影片分析方法，对动作进行更细微的研究。1921年，他又创造了工序图，为分析和建立良好的作业顺序提供了研究工具。

甘特（Herry L.Gantt,1861—1919）也是工业工程先驱者之一，他的突出贡献是发明了著



名的“甘特图”。这是一种预先计划和安排作业活动，检查进度以及更新计划的系统图表方法，它为工作计划、进度控制和检查提供了十分有用的方法和工具，直到今天它仍然被广泛地应用于生产计划和控制这一工业工程的主要领域。

还有许多科学家和工程师对科学管理和早期工业工程的发展作出了贡献，如1776年英国经济学家亚当·斯密（Adam Smith）在其《国富论》一书中提出了劳动分工的概念，还有李嘉图（Richardo）的《政治经济学及赋税原理》（1817年）、穆勒（Stuart Mill）的《政治经济学原理》（1848年）等都对科学管理和工业工程产生了重要影响。限于篇幅，这里就不再赘述。

## 二、工业工程的发展历程

工业工程形成和发展的演变过程，实际上就是各种用于提高效率、降低成本的知识、原理和方法产生与应用的历史。工业工程技术随着社会和科学技术的发展不断充实着新的内容。

工业工程的发展历程可用图2-1所示的IE发展年表概括说明。该图的年代轴线表示在IE的发展历程中，一些重大事件（原理和方法）产生的时间，在大多数情况下，只表明事件出现的始端，而不是结束的年代。例如，“时间研究”至今仍然是IE的基本工具。

从科学管理开始，IE发展经历了如图2-1上标明的四个相互交叉的时期，它们突出表明了不同时期IE的重大发展及特点。

### 1. 科学管理时期（20世纪初—20世纪30年代中期）

这是IE萌芽和奠基的时期，以劳动专业化分工、时间研究、动作研究、标准化等方法的出现为主要内容。这时期的IE是在制造业（尤其是机械制造企业）中应用，采用以动作研究和时间研究为主要内容的科学管理方法，提高工人作业效率。并且，主要是针对操作者和作业现场等较小范围，建立在经验基础上的研究。1908年，美国宾夕法尼亚州立大学根据泰勒的建议，首次开设工业工程课程，成为第一所设立IE专业的大学。1917年，美国成立了工业工程师协会（Society of Industry Engineers），这是最早的独立IE组织，1936年它与“泰勒协会”合并为“管理促进协会”。

### 2. 工业工程时期（20世纪20年代后期—现在）

这个时期又分为三个阶段，第一阶段发展的内容称为传统IE或经典IE，第二和第三阶段发展的IE内容称为现代IE。各阶段的发展特点分别如下：

1) 传统IE或者经典IE（20世纪20年代后期—20世纪40年代中期）。这是对泰勒的科学管理原理和吉尔布雷斯的动作研究的继承和发展时期。如休哈特（W.A.Shewhart）博士于1924年建立了“统计质量控制”，为IE实际应用提供了科学基础，是一项重要发展。还有进度图、存贮模型、人的激励、组织理论、工程经济、工厂布置、物料搬运等理论和方法的产生与应用，使管理有了真正的科学依据。

这一时期IE作为一门专业正式出现并不断充实发展，继宾夕法尼亚州立大学首次设立IE专业之后，到20世纪30年代美国已有更多的大学设立了IE系或IE专业。

由于这一时期IE重视与工程技术相结合，使IE本身具有独立的专业工程性质，IE不同于管理的概念和职能得到确立，使IE成为一种在技术和管理之间起着桥梁作用的新型工程技术。

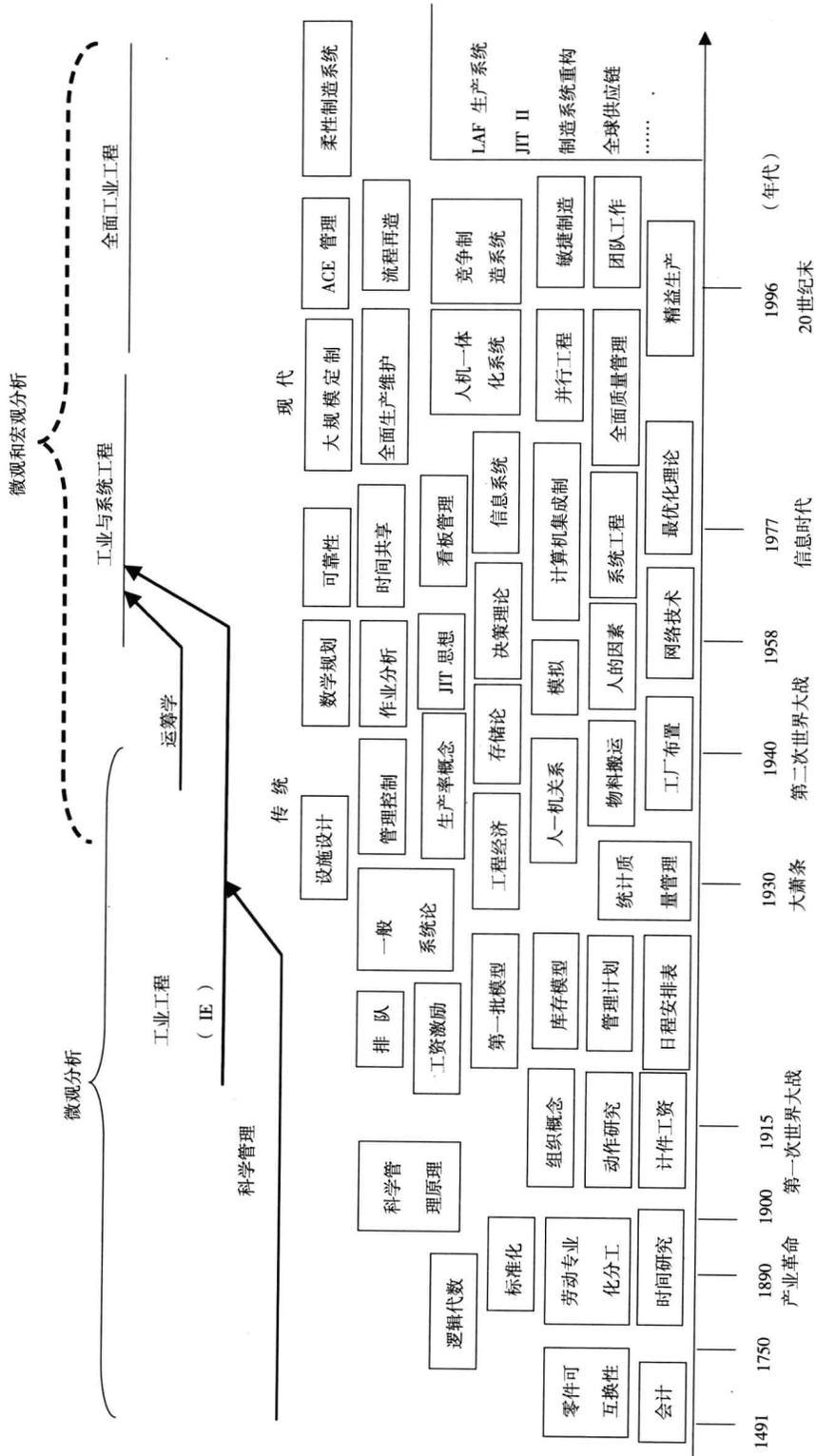


图2-1 IE发展年表

2) IE与运筹学( Operation Research, OR)结合(20世纪40年代中期—20世纪70年代中期)。这是IE进入成熟的时期。长期以来,IE一直苦于缺少理论基础,直到二次世界大战以后,计算机和运筹学的出现才改变了这一状况。运筹学是为解决战争中的军事方案选择问题而研究出的一个新的学科领域,主要包括数学规划、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。由于企业生产决策与战役决策有非常多的相似之处,因此很多学者将OR运用到IE中来。同时,计算机为处理数据和对大系统进行数学模拟提供了有力的手段。因此,运筹学成为IE的理论基础,使IE取得了重大发展。

1948年美国工程师学会(American Institute of Industrial Engineers, AI-IE)正式成立(现在已发展成为国际性的学术组织,简称IIE),并于1955年制定出IE的正式定义。20世纪50年代是IE奠定较完善科学基础、发展最快的10年,经过60年代和70年代,其知识基础则更加充实,开始进入现代IE的新时期。到1975年,美国已有150多所大学提供IE教育。

3) IE与系统工程(Systems Engineering, SE)结合并共同发展(20世纪70年代中后期—现在)。20世纪70年代开始,系统工程的原理和方法用于IE,使它具备更加完善的科学基础与分析方法,得到进一步发展和更广泛的应用。这时期出现的主要技术有系统分析与设计、信息系统、决策理论、控制理论等。同时在全面性、整体性的基础上,吸收了信息技术的特点,面向企业的柔性化、集成化、全面化服务又产生了诸如CAD/CAM、MRP、MRPII、JIT、敏捷制造(AM)、并行工程、流程再造(BPR)等最新的技术方法。这些技术都是以系统理论为指导的。IE与SE结合后具有以下特征:从系统整体优化的目标出发,研究各生产要素和子系统的协调配合,强调综合应用各种知识和方法的整体性;应用范围从微观小系统扩大到宏观大系统的分析设计,从工业和制造部门扩大到农业、服务业和政府部门等各种组织。

近年来国际上有人提出了全面工业工程(Total Industrial Engineering)概念。其思想是指当今IE已不仅是在工作研究或设施设计某个方面的独立应用来解决企业的问题,而是面临企业综合竞争能力提高的问题。同时全面吸收了精益生产(LP)、敏捷制造(AM)和柔性制造技术(FMT)精髓的LAF生产系统正在美国、日本等发达国家兴起。它既是一种先进的制造技术,又孕育着制造企业管理与组织观念的重大变革,是集技术、管理和人力三种资源于一体的系统。对市场的快速、灵活的反应能力是LAF生产系统的关键。

工业工程正是由于不断地吸收现代科技成就,尤其是以计算机科学、OR、SE及相关的学科知识,有了理论基础和科学手段,才得以由经验为主发展到以定量分析为主,以研究生产局部或小系统的改善,到研究大系统整体优化和生产率提高,成为一门独立的学科。它不但在美国得到广泛的应用和发展,而且很快向世界其他许多工业化国家传播,如西欧(英国、德国、法国等)、日本、前苏联、澳大利亚和其他一些国家和地区,从20世纪50年代前后相继开始采用IE。20世纪70年代中期,一些发展中国家,如墨西哥、秘鲁、哥伦比亚等,随着工业化的发展,也都开始采用IE,并在大学设置正规的IE专业。在亚洲,新加坡、韩国和我国的香港、台湾地区,都较早地建立了IE教育并基本采用美国的IE体制。印度也于1975年后开始建立了IE教育与应用体制。



## 第三节 工业工程的内容体系和应用领域

### 一、工业工程的学科特点

按学科分类,国外一般将IE归入工程学范畴,这是因为IE具有鲜明的工程属性。所谓“工程”,是指“有判断地运用从研究、经验和实践中所获得的数学与自然科学知识,创造经济地利用自然物质和力量的方法,去为人类谋福利的专门技术。”从IE的含义和内容可以看出,它完全符合工程的定义,具备工程学所应有的特征。和所有其他工程学科一样,IE具有利用自然科学知识和其他技术方法进行观察、实验、研究、设计等的功能和属性。

IE的首要任务是生产系统的设计,即把人员、物料、设备、能源、信息等要素组成一个综合的有效运行的系统。这和机械工程中的机械设计性质是一样的,所不同的是生产系统的设计更大、更复杂。它既有系统总体的设计,如设施规划和平面布置设计;也有子系统的设计,如物流系统设计、人机系统设计、工作站设计等,这都是典型的工程活动。为了完成上述任务,必须对生产系统的各组成要素及其相互关系进行周密的观察和实验分析。例如要用工程学方法实验、测试人机关系的各种因素、劳动强度等,为优化设计提供依据和参数。为使生产系统有效运行,IE技术人员要不断对其加以改善,因而必须对系统及其控制方法进行模拟、试验、分析研究,选择最好的改进方案。所以,IE是一门工程学科。

在一些国家大学里,IE专业主要设置在工学院中,IE学生要学习大量的工程技术和数学方面的课程,被培养为工业工程师。然而,IE又不同于一般的工程学科,它不是单纯的工程技术。从IE的定义和范畴可以看出,它不仅包括自然科学和工程技术,而且还包括社会科学和经济管理知识的应用。所以,IE是一门交叉学科。由于IE起源于科学管理,并为管理方法提供方法和依据,具有管理特征,因而常被当做管理技术。于是,了解IE与管理及其他相关学科的关系对于更好地理解其学科性质是很必要的。因此,在中国的大学里,既有将IE专业设置在工学院的,也有将其设置在管理学院的。

### 二、工业工程的内容体系

#### 1. 工业工程的范畴

工业工程是美国工程学科中的一个大学科,据美国工程教育协会(ASEE)的报告,美国工程中的十大学科是:机械工程、电气工程、土木工程、化学工程、工业工程、计算机科学与工程、材料科学与工程、航空工程、环境工程、生物医学工程。工业工程属于第五大工程学科。

对于IE学科范畴,有多种不同的表述方法。迄今为止,较正规和有代表性的是美国国家标准ANSI Z94(1982年修订)的分类方法,它从学科角度将IE知识领域分为16个分支,即:①生物力学;②成本管理;③数据处理与系统设计;④销售与市场;⑤工程经济;⑥设施规

划(含工厂设计、维修保养、物料搬运等);⑦材料加工(含工具设计、工艺研究、自动化等);⑧应用数学(含运筹学、管理科学、统计质量控制、统计和数学应用等);⑨组织规划与理论;⑩生产计划与控制(含库存管理、运输路线、调度、发货等);⑪实用心理学(含心理学、社会学、工作评价、人事实务等);⑫人的因素;⑬工资管理;⑭人体测量;⑮安全;⑯职业卫生与医学。

还有其他一些分类方法,例如日本从应用角度将IE技术分为20类113种,包括方法研究与作业测定、质量管理、标准化、工厂设计、能力开发等。事实上,凡是符合IE定义的学科和技术,都可以说属于其范畴,这正是IE是一个始终发展的领域的原因。

## 2. 工业工程的应用领域

从IE首先在制造业中产生和应用至今已有一个多世纪了,其应用领域逐步扩大到制造业以外的其他领域,如建筑业、交通运输、销售、航空、金融、医院、公共卫生、军事后勤、政府部门(主要是行业管理与规划)以及其他各种服务行业,范围极其广泛。

1) 制造企业。尽管现代IE的应用领域如此广泛,但是制造业仍然是其最主要和最有代表性的一个应用领域。首先,工厂的平面布置十分重要,占地面积必须充分利用,物流需要最短路径,必须对物流进行持续改进,不断完善。其次,质量意识在企业中特别重要,全员参与提倡团队精神。近年来特别强调产品的设计质量,没有高质量的设计就没有高质量的产品。其中一个很重要的方法是日本人田口玄一开创的“田口方法”(Taguchi Method),它是应用数理统计方法从产品设计开始强调质量改进的一套新型技术,目标是达到用户满意。第三,是基于时间的竞争策略,这种策略将时间视为最宝贵的资源,减少时间的浪费,可增加产品的竞争力。如果企业的效率两至三倍于竞争对手就会赢得市场,立于不败之地。在这方面日本丰田公司开创了准时制生产方式,缩短了生产周期,提高了企业对市场的反应能力,减少了风险。

我国制造业对工业工程的应用大致分为三个层次。第一层次是具有高技术装备和高管理水平的企业,例如核能供应、航天和航空设备制造企业,系统工程、集成制造、精益生产和完善的供应链将是这些企业面临的主要工作;第二层次是具有常规大流水线的制造型企业,如汽车、白色家电、机床制造业等大规模产品制造业,这是工业工程应用的传统优势领域;第三层次是数量巨大、整体水平较低的中小型企业 and 乡镇企业,例如玩具制造厂、小五金生产厂等企业,这些企业主要是运用经典工业工程中的方法研究和作业测定来挖掘企业内部潜能,提高其自身的管理水平。

2) 建筑业。在建筑工程管理中应用工业工程技术进行优化施工,可以获得最佳的施工方案,取得良好的经济效益,以提高施工质量、降低施工成本,大大加快施工进度,对促进建筑工程管理水平的提高具有重要的现实意义。

JIT在建筑工程领域有广泛的应用,并已有较多的实践。如混凝土是容易变质的产品,必须根据建筑进度计划交货,才能减少仓储、降低成本,提高生产力。JIT在建筑生产的应用还可重点放在预制品和产品标准化两方面,因为它们最符合JIT原则并易于实施获得效益;价值工程要求在建筑的计划和设计阶段必须不断分析项目功能要求、材料使用和建筑方



法、建筑运作维护要求等,以最优的总成本满足核心功能要求而且保持必要的价值;将成组技术应用于钢筋加工工程,利用不同类型的钢筋在加工过程中的相似性,对钢筋分类成组,组织大批量生产,按照订单将成品钢筋运往施工现场,从而实现提高工效、降低成本的目的;在成功实施ERP和BPR之后,建筑企业可以减少集权与分权矛盾的管理困境,处理好企业层与项目经理部的权责利关系,使项目管理更加科学化、规范化;并行工程理论应用于建筑工程项目管理中,可以提高建筑过程的集成度,缩短工期,降低工程成本,增强建筑企业的市场竞争力。

我国国民经济正处在持续高速发展时期,交通、能源、水利等基础设施和城市建设都在大量进行,其中建筑业的质量和效益对整个国民经济影响很大,因此应用IE十分必要。我国20世纪90年代建成的上海南浦大桥就是应用IE的成功例子,由于采用了系统工程、网络计划、项目管理等IE科学方法,该桥梁不仅具有国际一流水平,而且工期提前45天,投资节省500多万元。

3) 服务业。一般认为服务业即指生产和销售服务产品的生产部门和企业的集合。用系统的观点来看,服务制造与系统制造的本质是一样的,有形产品的生产过程与无形服务过程都可视为“投入—转换—产出”的过程。IE的本质决定了它不仅适用于制造业,同时也适用于服务业。

在服务业中,IE的推广应用前景十分广阔。工业发达国家的服务业人口占总人口的60%~70%,是应用IE的主要行业。几乎在制造业中的所有IE技术,可全部用于民航、通信、饭店、商场、银行及物业管理等服务行业。如航空公司对飞机的保养和维护借鉴了工业工程中的设备工程和可靠性工程技术;金融业、通信业业务办理方面借鉴了工业工程的工作研究技术进行流程优化,以减少客户等待时间,提高顾客满意度;医院和餐饮业服务窗口的设计、工作人员的职责分工借鉴了工业工程的工作设计技术,实行一体化管理,大大提高了服务效率;大型超市的商品分类区域规划和货架商品陈列等借鉴工业工程的设施规划与物流分析技术;此外,还有在现场管理、标准化管理、人因工程、质量管理、运筹学和价值工程等方面的运用,这些都是IE的核心理念。上述应用有效地提高了服务业效率,降低了成本。

### 3. 工业工程的应用重点

美国G·萨尔文迪主编的《工业工程手册》显示,根据哈里斯(Neville Harris)对英国667家公司应用IE的实际情况调查统计,IE常用的方法和技术有32种。按应用普及程度大小次序排列是:①方法研究;②作业测定(直接劳动);③奖励;④工厂布置;⑤表格设计;⑥物料搬运;⑦信息系统开发;⑧成本与利润分析;⑨作业测定(间接劳动);⑩物料搬运设备选用;⑪组织研究;⑫职务评估;⑬办公设备选择;⑭管理的发展;⑮系统分析;⑯库存控制与分析;⑰计算机编程;⑱项目网络技术;⑲计划网络技术;⑳办公室工作测定;㉑动作研究的经济发展;㉒目标管理;㉓价值分析;㉔资源分配网络技术;㉕工效学;㉖成组技术(GT);㉗事故与可操作性分析;㉘模拟技术;㉙影片摄制;㉚线性规划;㉛排队论;㉜投资风险分析。

我国目前常用的IE知识和技术如下：①工作研究；②设施规划与设计；③生产计划与控制；④工程经济；⑤价值工程；⑥质量管理与可靠性；⑦人因工程；⑧组织行为学；⑨管理信息系统；⑩现代制造系统。

### 三、工业工程人才的知识、能力与素质结构

从应用角度来看，工业工程是一种技术职业，从事这种专门职业的人员自然也相应地称为工业工程技术人员（如工业工程师）。他们的职责主要就是把人员、物料、设备、能源和信息等联系在一起，以求得有效的运行。他们主要从事生产系统的设计和改善（即再设计），他们要处理人与物、技术与管理、局部与整体的关系。所以，IE人员不仅要有广博的知识，而且要注意应用这些知识的综合性和整体性，才能达到IE的目标。

美国工业工程师学会（AIIE）给工业工程技术人员下的定义是：“工业工程技术人员是为达到经营者的目标（目标的根本含义是要使企业取得最佳利润，且冒最小风险）而贡献出技术的人。工业工程技术人员帮助上下各级管理人员在业务经营的设想、计划、实施、控制方法等方面从事发明与研究，以期达到更有效地利用人力和经济资源。”

从上述的定义可以看出，IE人员涉及的面很宽，从基本的动作时间研究到系统的规划、设计和实施控制等方面为各级经营管理提供方法，充当参谋。可以说一个企业的各个方面、各个层次的业务都需要IE人员发挥作用。因此，工业工程师必须具备广博的知识和技能，有很强的应用各种知识和技术的能力，有IE意识，不断探索新的方法去进一步改进工作，改善生产系统的结构和运行机制，求得更佳的整体效益。

#### 1. 知识结构

一般来说，工业工程技术人员应具备以下专业理论知识和相关知识。专业理论知识根据专业方向的不同，对所列科目可以增删，有所侧重。

- 1) 具备机械工程、电子工程、信息工程或其他工程方面的基础知识。
- 2) 理解机械工程、电子工程、信息工程或其他工程的产品开发与设计技术、生产与工艺技术、企业管理等方面的专业知识。
- 3) 具备工业工程学科基础理论，如管理学、运筹学、系统科学、统计学和行为科学等。
- 4) 掌握工业工程的专业知识，如工作研究、工程经济、工效学、管理信息系统、设施规划与物流分析、生产计划与控制、质量管理、成本控制、业绩评审与组织设计、人力资源管理、工业卫生与安全等。
- 5) 掌握现代工程设计、产品开发、生产工艺、企业管理方面比较系统的知识。
- 6) 掌握计算机应用、仿真和计算机处理知识。
- 7) 掌握会计、统计、经济和人文科学方面的知识。
- 8) 掌握我国经济技术方面的法律、法规，熟悉有关的技术法规、标准和规范。

显然，IE技术人员需要懂得广泛的技术和管理知识，才能应付宽广复杂的IE业务，增强其综合分析事物的能力。但是要说明IE人员的基础知识结构的广度和深度是很困难的，只有通过与其他同等学历的科技人员的基础知识结构作对比，才能有一个比较具体的概念。图2-2示意了IE人员、一般管理人员和某种专业工程（如机械工程人员）所应具备的基础知识结构的广度和深度的对比。由此图可以看出在这三类人员中，IE人员的基础知识结构要求的广



度和深度平均最大。显然，IE人员需要掌握广泛的技术和管理知识。与其他专业工程技术人员相比，IE人员的知识面更宽，有很强的综合应用能力。

### 2. 能力结构

工业工程技术人员还应该具备以下的能力结构：观察试验能力、调查研究能力、综合分析/集成能力、规划设计能力、协调/社交能力、适应能力、创新能力、语言和文字表达能力、计算机应用能力、外语阅读能力等。

### 3. IE意识

所谓IE意识就是IE实践的产物，是对IE应用有指导作用的原则和思想方法。工业工程的意识主要包括以下几个方面：

1) 成本和效率意识。IE追求整体效益最佳（以提高总生产率为目标），必须树立成本和效率意识。一切工作从大处着眼，从总目标出发；从小处着手，对每个环节都力求节约、杜绝浪费，寻求以成本更低、效率更高的方法去完成各项工作。

2) 问题和改革意识。IE追求合理性，使各生产要素有效地组合，形成一个有机整体系统，它包括从操作方法、生产流程直至组织管理各项业务及各个系统的合理化。工业工程师有一个基本理念，即任何工作都能找到更好的方法去完成，改善无止境。为使工作方法更趋合理，就要坚持改善、再改善。因此，必须树立问题和改革意识，不断发现问题，考察分析，寻求对策，勇于改革和创新。无论一项作业、一条生产线或整个生产系统，都可以运用“5W1H”提问技巧来进行研究和改进。

3) 工作简化和标准化意识。IE追求高效与优质的统一。IE产生以来，推行工作简化（Simplification）、专门化（Specification）和标准化（Standardization），即所谓“3S”，对降低成本、提高效率起了重要的作用。尽管现代企业面对变化多端的市场需求，必须经常开发新产品、新工艺，更新技术，以多品种、小批量为主要生产方式，但是工作简化和标准化依然是保证高效优质生产的基本条件。每一次生产技术改进的成果都以标准化形式确定下来并加以贯彻，是IE的重要手法。在不断改善的同时，更新标准，推动生产向更高水平发展。

4) 全局和整体意识。现代IE追求系统整体优化，为此必须从全局和整体需要出发，针对研究对象的具体情况选择适当的IE方法，并注重应用IE的综合性和整体性，才能取得良好的整体效果。各个要素和局部的优化必须与全局协调，为系统的总目标和整体优化服务。

5) 以人为中心的意识。人是生产经营活动中最重要的一个要素，其他要素都要通过人的参与才能发挥作用。必须坚持以人为中心来研究生产系统的设计、管理、革新和发展，使每个人都关心和参加改进工作，提高效率。

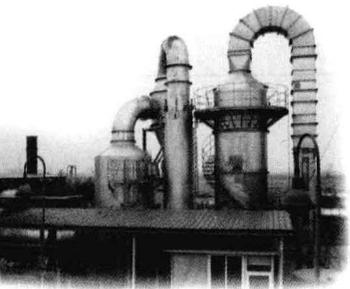
随着时代的发展，工业工程人员还需要具备不断改进创新的意识、快速响应需求意识等。在IE的实际运用中，树立IE意识比掌握IE技术和方法更为重要。IE涉及的知识 and 范围广泛，方法很多，而且发展很快，新的方法不断创造出来。因此，对于工业工程技术人员来说，掌握方法和技术（如作业测定、方法研究、物料搬运、经济评估、信息技术等）是必要的，但更重要的是掌握IE本质，树立IE意识，学会运用IE考察、分析和解决问题的思想方法，这样才能以不变（IE实质）应万变（各种具体事物），从研究对象的实际情况出发，选择适当的方法和技术处理问题。





## 思考题

1. 什么是工业工程？试简明地表述IE的定义。
2. 如何理解工业工程的内涵？
3. 试述经典IE与现代IE的关系。如何理解经典IE是现代IE的基础和主要部分？
4. 如何理解工业工程与生产率工程的关系？
5. IE学科的性质如何，怎样理解这一性质？
6. IE学科与相关学科的关系是什么？
7. IE的学科范畴包括哪些主要知识领域？企业应用的主要领域是哪些？
8. 企业工业工程师要求具备什么样的知识结构？
9. 什么是IE意识？为什么说“掌握IE方法和技术是必要的，而树立IE意识更重要”？



# 第三章 工作研究



## 第一节 工作研究概述

### 一、工作研究的对象

工作研究的对象是作业系统。作业系统是为实现预定的功能、达成系统的目标，由许多相互联系的因素所形成的有机整体。作业系统的目标表现为输出一定的“产品”或“服务”。作业系统主要由材料、设备、能源、方法和人员五方面的因素组成，其结构如图3-1所示。

为了使作业系统达成预定目标，在系统转换过程中需经常检查测定作业活动的时间、质量、成本和柔性。“时间”包括作业活动的进度、消耗的人工数及交货期等方面；“质量”既包括制成品的质量，也包括转换过程的质量；“成本”是指变换过程中各项耗费的总和，它反映出作业系统运行的经济性；“柔性”是指企业具备的为顾客提供多种类型产品的能力，以及对需求变化的应变能力。作业活动的时间、质量、成本和柔性根据检测结果再反馈到作业系统，进行控制和调整，使作业活动按预定目标进行。

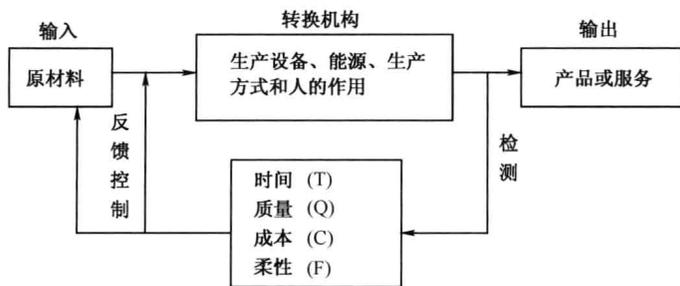


图3-1 作业系统构成简图

进一步对作业系统的构成要素进行分析，发现各个要素的变动对作业系统的影响程度不同。表3-1是变动因素对作业系统影响程度的等级划分。



表3-1 作业系统变动因素的影响程度

级别	变动因素	变动内容
1	产品设计	通过改变设计, 简化作业或取消一部分工作
2	原材料	从根本上改变作业方式, 或者取消作业方法
3	工程	几个工序的合并, 或改变顺序达到简化或取消一部分工序
4	设备与工具	改变加工设备、工具使工作更简便、效率更高
5	操作动作	能否改进操作方法, 使操作动作更简便

从表3-1可知, “产品设计”的变动对作业系统的影响程度列为最高级, 即一级。由于产品设计的变动, 可能带来原材料及作业方法的改变, 甚至取消某种作业方法; “原材料”变动对作业系统的影响程度为二级, 表示在产品设计一定的情况下, 变更原材料, 会引起作业方法的改变, 甚至取消某项作业方法; “工程”变动对作业系统的影响程度为三级, 是指作业过程中的某一环节通过合并或改变工序顺序, 可以简化或者取消一部分作业; “设备与工具”的变动对作业系统的影响程度列为四级, 通过选择更有效的设备与工具, 或改变在作业现场的相对位置, 从而使作业更为简单和容易; 最后一个等级的因素是“操作动作”, 它是在其他条件不改变的情况下而只是改变操作的方式、方法, 使操作更为简便。

一般说来, 变更较高级别的因素, 给作业系统的改进会带来较大的困难和不确定性。究竟选择哪一个级别的变更因素, 要受到技术、经济和人的条件制约, 以及研究人员的经验及其拥有职权的影响。如果选定某一级别的因素变更, 那么在这个级别以下的各因素都有可能要改变。例如, 选择第二级别的变更, 与此相联系的第三级别的工程、第四级别的设备和工具以及第五级别的操作动作都有可能发生变更。

## 二、工作研究的特点

工作研究最显著的特点是: 在只需很少投资或不需要投资的情况下, 通过改进作业流程 and 操作方法, 实行先进合理的工作定额, 充分利用企业自身的人力、物力和财力等资源, 走内涵式发展的道路, 挖掘企业内部潜力, 提高企业的生产效率和效益, 降低成本, 增强企业的竞争能力。因此, 世界各国都将工作研究作为提高生产率的首选技术。美国90%以上的企业都应用了工作研究, 企业的生产率普遍提高50%以上。

## 三、工作研究的内容

工作研究包括方法研究与作业测定两大技术。方法研究在于寻求经济有效的工作方法, 主要包括程序分析、作业分析和动作分析。而作业测定是确定各项作业科学合理的工时定额, 主要包括秒表测时、工作抽样、预定动作时间标准法和标准资料法。运用这些技术来考察生产和管理工作, 系统地调查研究影响生产效率和成本的各种因素, 寻找最令人愉快的工作方法和最科学、最合理的工作时间, 不断改进和完善, 保证人员、物料等资源的有效运作, 达到提高生产效率, 降低成本的目的。

工作研究中的方法研究和作业测定两种技术密切相关。方法研究着眼于对现有工作方法的改进, 其实施效果要运用作业测定来衡量, 而作业测定是努力减少生产中的无效时间, 为

作业制定标准时间。在进行工作研究时，一般是先进行方法研究，制定出标准的作业方法，然后再测定作业时间。作业测定要以方法研究所选择的较为科学合理的作业方法为前提，并在此基础上制定出标准作业定额；而方法研究则要用作业测定的结果作为选择和评价工作方法的依据。因此，两者是相辅相成的，图3-2简单地表明了这两者之间的关系。

在实际工作中，不是所有工作（或作业）都要求同时使用两种技术，换句话说，方法研究和作业测定可以作为两种单独的技术分开使用，其具体技术将在后面的章节中详细介绍。

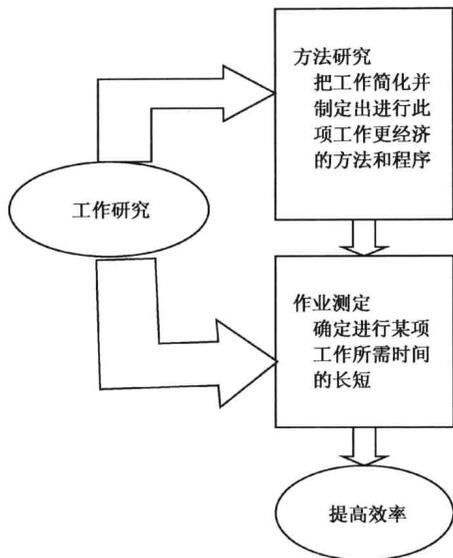


图3-2 工作研究两种技术的关系

#### 四、工作研究的分析技术

工作研究常用的分析技术是：“5W1H”、“ECRS四原则”和“一表”。

“5W1H”提问技术是指对研究工作以及每项活动从目的、原因、时间、地点、人员、方法上进行提问，为了清楚地发现问题可以连续几次提问，根据提问的答案，弄清问题所在，并进一步探讨改进的可能性。由于前5个提问英语单词的字首字母都含有“W”，而最后一个提问的字首字母为“H”，因此，常称之为“5W1H”提问技术。也有人称之为“6W”提问技术。“5W1H”提问方法见表3-2。

表3-2 “5W1H”提问技术

考察点	第一次提问	第二次提问	第三次提问
目的	做什么 (What)	是否必要	有无其他更合适的对象
原因	为何做 (Why)	为什么要这样做	是否不需要做
时间	何时做 (When)	为何需要此时做	有无其他更合适的时间
地点	何处做 (Where)	为何需要此处做	有无其他更合适的地点
人员	何人做 (Who)	为何需要此人做	有无其他更合适的人
方法	如何做 (How)	为何需要这样做	有无其他更合适的方法与工具



表3-2中前两次提问在于弄清问题现状，第三次提问在于研究和探讨改进的可能性。改进时常遵循“ECRS四原则”。

1) E (Eliminate)，即消除。在经过“做什么”、“是否必要”等问题的提问后，若答复为不必要则予以取消。取消为改善的最佳效果，如取消目的、取消不必要的工序、作业和动作等以及取消不需要投资等。取消是改善的最高原则。

2) C (Combine)，即合并。对于无法取消而又必要者，看能否合并，以达到省时简化的目的。如合并一些工序或动作，或将原来由多人进行的操作，改进为由一人或一台设备完成。

3) R (Rearrange)，即重排。不能取消或合并的工序，可再根据“何人、何事、何时”三提问进行重排，使其作业顺序达到最佳状况。

4) S (Simple)，即简化。经过取消、合并和重排后的工作，可考虑采用最简单、最快捷的方法来完成。如增加工装夹具、增加附件、采用机械化或自动化等措施，简化工作方法，使新的工作方法更加有效。

改善时一般遵循对目的进行取消，对地点、时间、人员进行合并或重排，对方法进行简化的原则，其示意图如图3-3所示。具体运用情况见表3-3。

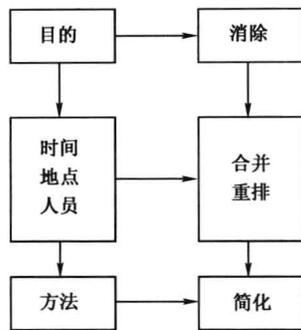


图3-3 ECRS原则运用示意图

表3-3 “ECRS四原则”的运用示例

原则	目标	实例
取消 (Eliminate)	是否可以不做如果不做将会怎么样	省略检查 通过变换布局省略搬运
合并 (Combine)	2个及以上的工序内容是否可以合并起来	同时进行2个及以上的加工作业 同时进行加工和检查作业
重排 (Rearrange)	是否可以调换顺序	更换加工顺序提高作业效率
简化 (Simple)	是否可以更简单	进行流程优化 实现机械化或自动化

“一表”称为检查分析表，如动作改善检查表、物流改善检查表等。

## 五、工作研究的步骤

工作研究应该作为企业一项经常性的工作，积极加以组织实施，工作研究的工作任务和目标应该根据企业经营管理总目标来制定。实施工作研究共有七个步骤。

### 1. 挖掘问题并确定工作研究项目

在选择某项作业进行工作研究时，必须考虑以下的因素。

1) 经济因素。考虑该项作业在经济上是否有价值，或首先选择有经济价值的作业进行研究。例如，阻碍其他生产工序的“瓶颈”，长距离的物料搬运，或需大量人力和反复搬运物体的操作等。



2) 技术因素。必须查明是否有足够的技术手段来从事这项研究。例如,某车间由于某台机床的切削速度低于生产线上高速切削机床的有效切削速度,从而造成“瓶颈”,若要提高其速度,该台机床的强度能否承受较快的切削,必须请教相关的技术人员。

3) 人的因素。当确定了进行工作研究的对象以后,必须让企业的有关成员都了解进行该项工作研究对企业和对他们个人的意义。要说明工作研究不但提高企业的生产率,而且也会提高他们个人的经济利益,不是让他们干得更辛苦,而是让他们干得更轻松愉快,干得更有成效。要取得他们的支持,激发他们的生产热情,从而使工作研究更深入地进行。在工作研究的推进中,要特别注意工人们提出的改进意见。

#### 2. 观察现行方法并记录全部事实

问题一旦明确,就要确立调查计划,进行现场分析,寻求改进方法。整个改进是否成功,取决于所记录事实的准确性,因为这是严格考察、分析与开发改进方法的基础。利用最适当的记录方法,记录直接观察到的每一件事实,以便分析。

#### 3. 仔细分析记录的事实并进行改进

根据记录的事实,采用“5W1H”、“ECRS四原则”加“一表”技术进行分析研究,提出改进措施和建议,进行改进。

#### 4. 评价和拟定新方案

对于一些复杂和重大的改进,通常会形成几个方案。这些方案通常各有所长和所短,需要通过评价比较,选择较为优秀和合理的方案,作为拟定的实施方案。

#### 5. 制定作业标准及时间标准

对于已经选定的改进方案要经过标准化的步骤,才能变成指导生产作业活动和操作方法的规范和根据,才能使改进方案真正落到实处。

作业标准化是新方法报告书的具体化,其中主要应该包括作业中使用的机器设备和工具标准化、工作环境标准化、工作地布置标准化以及作业指导书等。

#### 6. 新方案的组织实施

这是工作研究中关键的一步。因为只有新方案真正在生产中得以实施,工作研究的效果才能真正发挥,工作研究的目标才能实现。新方案的组织实施阶段要完成以下几项工作:

1) 根据工作研究项目的层次、范围、审批权限等,请有关行政管理部门批准,并得到有关部门主管领导的认可和支持。这是新方案组织实施必须具备的条件。

2) 组织相关的人员学习和掌握新方案,对于某些复杂和重大的实施方案应该有针对性地组织专门培训,让更多的操作者和相关人员真正按新方案操作。作业标准是培训操作者掌握新方案的基础性文件。

3) 现场试验运行。对于某项涉及面广、影响范围大的新方案应该组织必要的试运行,演练各部门和各环节的衔接配合,及时解决意想不到的问题,以保证新方案实施时万无一失。

4) 维持新方案,不走回头路。实践证明任何一次新方案的实施,尤其是开始阶段并不顺利,效果并不明显,这时候很容易走回头路。这样有可能使以前做的工作“前功尽弃”。所以在实施的开始阶段千方百计维持新方案是十分重要和必要的。维持阶段也是对新方案必要的修改和改进阶段。

---

提供各种书籍的pd电子版代找服务，如果你找不到自己想要的书的pdf电子版，我们可以帮您找到，如有需要，请联系QQ1779903665.

PDF代找说明：

本人可以帮助你找到你要的PDF电子书，计算机类，文学，艺术，设计，医学，理学，经济，金融，等等。质量都很清晰，而且每本100%都带书签索引和目录，方便读者阅读观看，只要您提供给我书的相关信息，一般我都能找到，如果您有需求，请联系我QQ1779903665。

本人已经帮助了上万人找到了他们需要的PDF，其实网上有很多PDF,大家如果在网上不到的话，可以联系我QQ，大部分我都可以找到，而且每本100%带书签索引目录。因PDF电子书都有版权，请不要随意传播，如果您有经济购买能力，请尽量购买正版。

**声明：本人只提供代找服务，每本100%索引书签和目录，因寻找pdf电子书有一定难度，仅收取代找费用。如因PDF产生的版权纠纷，与本人无关，我们仅仅只是帮助你寻找到你要的pdf而已。**