

# 工业工程(IE)概论

主 编 罗一新  
副主编 张佳林  
胡建国

7  
机械工业出版社

# (京)新登字 054 号

本书介绍了工业工程的有关理论和方法,并列举了许多应用成果,每章附有思考题。

本书的内容主要有:工业工程的概念及其发展、方法研究、作业测定、人一机工程学、工厂布置、物料搬运、库存管理、生产率管理、生产率测定等。

本书可供大中专学校非工业工程专业作为教材或参考书,也可作为工矿企业、科研院所有关人员学习用书。

## 工业工程(IE)概论

罗一新 主编

\*

责任编辑:王世刚 封面设计:胡雁冰

责任印制:袁邦友

\*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

湖南省地球物理化学勘查院印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/32·印张 9 1/2·字数 210 千字

1993 年 12 月第 1 版·1993 年 12 月第 1 次印刷

印数 0001—2000·定价 7.98 元

\*

ISBN7-111-04222-0/F·571



工業工程是高效率的推進  
器，科學管理的基石，企  
業通向現代化的橋樑。

李去田

一九九三年十二月

## 前 言

工业工程(IE)是一门综合学科,其理论和方法仍在不断发展。目前在美国、日本、西欧等国家应用十分广泛,对这些国家的生产效率提高、质量保证、成本降低起到了巨大作用。它适用于机电、建筑、化工、食品、管理等领域,几乎涉及到人类一切有生产劳动的场合。

我国目前尚处于推广阶段,在这方面,机械工业部、电子工业部、劳动部、建设部、中国机械工程学会、中国标准化协会等单位做了大量工作,并取得了显著成绩。

为了配合国家有关部门推广应用工业工程,使广大的科技工作者和企业工作人员对工业工程的基本理论和方法有一个大概的了解,我们合编了这本书,希望能为推动工业工程(IE)在我国应用方面贡献一份力量。

本书编写分工如下:第一章:罗一新;第二章:张佳林;第三章:罗一新、莫良斌、谢新德;第四章:刘桂云;第五章:胡建国;第六章:李灶福、张习军、罗安国、宋建国;第七章:李伟成、胡雁冰。全书由罗一新副教授任主编,张佳林、胡建国、刘桂云任副主编,由华中理工大学吴雅教授担任主审。

我国著名标准化专家、国家技术监督局多年潜心研究工业工程的李春田司长给本书题了词,在此特表示衷心感谢。

由于水平有限,缺点和错误在所难免,请读者批评指正。

编者

一九九三年十二月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 总论</b> .....	1
第一节 工业工程的含义及概况 .....	1
第二节 工业工程的由来与发展 .....	7
第三节 工业工程在我国的推广与应用 .....	13
第四节 企业工业工程的组织结构及其活动 .....	15
第五节 对工业工程专业人员的有关要求 .....	22
第六节 运筹学 .....	25
第七节 系统工程 .....	32
第八节 价值工程 .....	38
<b>第二章 方法研究</b> .....	47
第一节 方法研究概述 .....	48
第二节 流程分析 .....	56
第三节 作业分析 .....	86
第四节 动作分析 .....	90
<b>第三章 作业测定</b> .....	103
第一节 概述 .....	103
第二节 标准时间 .....	104
第三节 现场观测法 .....	110
第四节 间接测定法 .....	132
<b>第四章 人机工程学</b> .....	142
第一节 人机工程学简介 .....	142
第二节 人体测量 .....	147
第三节 显示装置及操纵器的设计 .....	152
第四节 环境与工效 .....	159

<b>第五章 生产系统管理</b> .....	166
第一节 概述 .....	166
第二节 生产技术与设备投资的选择 .....	169
第三节 工厂布置 .....	187
第四节 生产控制 .....	208
<b>第六章 劳动生产率</b> .....	221
第一节 基本概念 .....	221
第二节 生产率管理 .....	225
第三节 生产率测定 .....	231
第四节 影响生产率的因素 .....	249
<b>第七章 工业工程应用实例</b> .....	266
一、红光电子管厂工序流程改正 .....	266
二、用作业测定方法修订作业标准 .....	275
三、《电动轮司机岗位作业标准》的修订 .....	283
四、采用嵌套形式编制作业程序 .....	289
参考文献 .....	295

---

# 第一章 总论

## 第一节 工业工程的涵义及概况

### 一、定义

工业工程是 Industrial Engineering 一词的直译,也有人将其意译为工业管理、管理工程或工业工程管理。在日本,简称 IE,在英国则叫“Production Engineering”。

什么是工业工程呢?至今国际上还没有一个统一的说法。具有较大影响的定义有以下几个:

(1)美国工业工程师学会(AIIE)1955年的定义:“工业工程是对于由人、物料、信息、设备和能源所组成的集成系统进行设计、改进和实施的一门学科。它综合运用数学、物理学和社会科学的专门知识和技术能力,以及工程分析和设计的原理和方法,对这种系统所可能获得的结果进行确定、预测和评价。”

(2)美国工业工程(IE)研究所的定义:“工业工程从事于设计、改革和设置关于人员、材料和机器设备的综合方案或系统,并利用数学、自然科学和社会科学的专业知识和技能以及工序分析的原理和方法来确定、预测和评估从这类方案和系统中所能获得的效果。”

(3)美国百科全书的定义:“工业工程从事于设计、改革和设置关于人员、材料和机器设备的综合使用及消耗的详细分析,以求提高企业的生产率、利润率和经济效果。”

(4)日本科技连 IE 研究会所编《IE 初级教程》中的定义：“工业工程可以说是一门通过对人、原材料、机器设备组成的系统进行设计和改进，从而提高生产率并降低成本的技术。”

(5)日本《企业管理百问百答丛书》的定义：“所谓 IE 即为提高工作效率、分析工序、作业、动作的做法，并进行改进，以消除一切不合理的、不稳定的、无效率的活动。”

(6)我国学者所下定义：“工业工程是对人所从事的工作系统进行设计、分析、改进和管理的工程学。”

目前应用较为普遍的是美国工业工程师学会(AIIE)的定义。

综上所述，我们似乎可以给工业工程定义为：“工业工程是人们对由人、设备、材料所组成的生产系统或工作场所及其环境进行设计、分析、改进和实施，以求获得最佳经济效益的一门学科。”

《美国大百科全书》(1982年版)解释道：“工业工程是对一个组织中人、物料和设备的使用及其费用作详细分析研究。这种工作由工业工程师完成，目的是使组织能够提高生产率、利润和效率”。

也有人指出，工业工程的目标，就是设计一个生产系统及该系统的控制方法，使它以最低的成本生产具有特定质量水平的某种或几种产品，并且这种生产必须是在保证工人和最终用户的健康和安全的条件下进行。

从以上定义和解释可以看出，工业工程是以生产为对象，以提高生产率和降低成本为目的，并以保证人的安全和健康为前提，研究生产过程，实现最优化的技术。为此，它以系统的理论和运筹学方法进行研究，把生产作为一个整体，科学地分析各种要素和全部过程。同时，综合运用一切可以利用的技



术,以实现上述目标。因此,它不是一项单一的技术,而是一个包括多种科学理论、方法和技术的综合应用技术范畴。

## 二、工业工程的性质与特点

### (一)工业工程的性质

工业工程这一名称表明,它属于工程学范畴,是一种工程技术,它同样需要进行观察、实验、测定、分析、设计等等。然而,它又不同于那些纯技术学科,是具有工程技术和管理双重性质的技术,并且往往更多地表现为管理的特征。所以,也有人把它称作管理技术。这是 IE 的性质,也是不同于别的工程技术的一个重要特点。

### (二)工业工程的特点

工业工程具有以下两大特点:

#### 1. 学科范围大,领域宽

众所周知,一般的工程学科是立足于工农业生产的某一个部门或专业,运用自然科学知识,结合在生产实践中所积累的经验 and 创造的技术去解决某种专门问题,它们的专业范围窄,比较独立,所追求的是技术的深度。而工业工程则不然,它研究的对象和任务决定了不仅要运用自然科学知识,而且要应用社会科学、管理科学、人类学等许多其它方面的知识。因此,它涉及的学科多、领域宽,它对这些相关学科知识的追求不是深度,而是广度。由于它综合应用其它学科的成果,所以,随着科学技术的发展,其学科领域还在不断扩大。

#### 2. 采用全面、系统、综合的研究方法

工业工程的具体研究对象是生产的要素,即人员、物料、设备、能源、信息等资源。但它不是孤立地去研究各个因素,而是从系统观念出发,把生产作为一个完整的系统、一个动态的过程,用系统工程的原理和方法进行全面考察、统筹分析,以

几个系统整体效果为前提和目标,寻求各因素的合理配置、协调运行,充分发挥各自效能,从而达到提高生产率,降低成本,总效益最佳的目的。

### 三、工业工程的范畴

由于工业工程是一门综合学科,且至今仍在发展之中,故要精确地确定它的范围既不容易又不可能。

#### (一)IE 的学科范畴

迄今为止,关于 IE 学科范畴的解释最正确、最权威的恐怕要算美国国家标准委员会 1982 年所制订的标准 Z94,即《工业工程术语》了。

该标准将 IE 的学科范畴划分为 12 个方面,即:(1)生物力学;(2)成本工程;(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、塑料加工等);(8)应用数学(含运筹学、管理科学等);(9)组织规划与理论;(10)生产规划与控制(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、人的因素、工作评价、工资激励等);(12)作业测定及方法。

虽然,上述划分是从术语定义标准化角度出发的,但我们也可以得到一些比较具体的概念。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。这恰是 IE 始终在发展的原因。

#### (二)IE 的应用范畴

工业工程目前广泛应用于工厂、银行、医院、政府部门等领域,这个范畴极大,几乎包括了人类社会生活的各个方面。

### 四、推广和应用工业工程的作用与意义

工业工程之所以应用这么广泛,这是因为它的作用是其

它工程技术所难以比拟的。主要体现在以下几点：

(1)IE 能大幅度地提高效率。目前国内外扩大生产、发展生产的途径不外乎投入资金和挖潜、改造两条。对于大多数国家或企业，主要靠后一条途径来解决问题。而 IE 正是符合这一要求的技术。它可以通过重新组织工作系统的方法，达到提高生产率的目的，是一种不需要投资或只需少量投资就能提高效率、产生效益的方法。

(2)IE 是制定工作标准的科学方法。为实现整个工作过程的协调，提高工作质量和工作效率，而对各个岗位的工作制订的标准叫工作标准。这里的“工作”是广义的，它不仅包括生产过程中的各项活动，而且还包括为主生产过程服务、对生产过程进行管理的其它活动。其范围也不局限于企业，还可包括公共事业甚至政府机关工作。工作标准化的最终目标是实现整个工作过程的协调，促进工作质量和工作效率的提高。

应用 IE 的方法和程序制定的工作标准，不仅先进、科学、合理，而且标准的制定过程就是该项工作的改进过程。它不是描述现状，而是从改进现状入手，通过一系列改进之后，再用标准的形式将改进的成果固定下来，加以推广，这就是应用 IE 制定工作标准与传统的方法制订工作标准的本质区别。应用 IE 制定工作标准，一般能收到立竿见影的效果，而且效果还会随着 IE 在应用中的不断循环、不断提高。

(3)IE 是企业管理的基本技术。IE 技术对于企业进行计划管理(查定生产能力)、劳动管理(制定劳动定额标准)设备管理(挖掘设备潜力)、生产组织(平衡生产能力)等都有极其重要的作用，它既是科学管理的核心内容，又是企业的一项基本的管理技术。

(4)IE 是管理部门考核企业最实用的技术。同时也是着

手解决低效问题最有效的工具,是企业诊断师的基本技能。

(5)IE 是一种解决问题的通用办法。IE 是首先找出问题,然后从各个角度探求解决办法与途径,它有一套特有的思考问题的规则和工具,使人们能够做到不放过任何一个影响因素,迅速找到改进、解决的最佳对策。这种方法原来仅用于解决提高生产率的问题,而如今已成功地应用于任何有人劳动的场合和工作系统。不仅用于制造企业,而且用于办公室、试验室、商业、军队等领域,成为一种行之有效的通用方法。

(6)能增加经济效益,减轻劳动强度,调动各方面的积极性。IE 寻求的是高效、舒适、省力。它既能增加企业的经济效益,又能减轻工人的劳动强度,而且还能调动劳动者改革技术、参加合理化运动的积极性,其意义深远,不可低估。

### 五、IE 精神

工业工程除了有独特而完整的工具和工作程序外,还有经过多年的实践而形成的基本思想。这些思想,虽然没有在 IE 的方法和技术介绍中写明,但它们是开展 IE 活动所不可缺少的。人们常将其称为“IE 的灵魂”或“IE 精神”。我国学者将其归纳成以下几条:

(1)眼睛向内(主要指企业内),依靠挖掘潜力提高生产率。

(2)永不自满,永远拥有改革的意识和进取精神。

(3)任何工作都存在一种最佳方法。

(4)坚持从全局出发,追求系统的整体效益。

(5)提倡协作精神,不要单枪匹马行动。

(6)凡事都要问个为什么?企业里有许多事(如车间布置、运行路线、工艺方法等)本来就不合理,但往往人们习以为常后,就不觉得有问题了。问题意识,是 IE 工程师必备的基本

功。

(7)取得工人的理解和支持是成功的保证。任何情况下不能秘密进行。

(8)效率意识必不可少。人人要动脑筋,时时寻找更好更容易的方法,处处考虑节约材料和时间。

(9)不能容忍任何形式的浪费,不放过一点一滴的节约,这是 IE 成功的基础。

(10)不能以“过去一直是这么干的”为理由而拒绝改革。

(11)IE 活动的成果一定要制定成标准。

(12)无条件地按所规定的标准工作。

IE 精神可以概括为 IE 的四个意识:问题意识、效率意识、改革意识、标准化意识。

能否在企业内培养起这些意识,是决定 IE 成败的关键。

## 第二节 工业工程的由来与发展

工业工程与其它的工程学科一样,也是从经验开始发展的,直到 1950 年左右才逐步形成较系统的科学理论基础。

对于工业工程的起源,存在着不同的看法。但是大多数人认为工业工程的鼻祖是美国人泰勒(F·W·Taylor,1856~1915)。平心而论,在泰勒以前,早就有人谈论到与后来的工业工程有关的若干概念了。其中最早的当推英国经济学家亚当斯密司(Adam Smith),他在 1776 年出版的《原富》一书中,第一次提出了劳动分工的概念。当然,因为他不是工程师,所以他是从纯粹经济角度进行论述的。英国经济学家马尔萨斯(Malthus)1798 年出版的《人品论》、李嘉图(Ricardo)1817 年出版的《政治经济学及赋税原理》以及米尔(Stuart Mill)1848 年出版的《政治经济学原理》都具有一定的影响力。

对工业工程先驱者影响较大的恐怕首推英国剑桥大学教授巴比奇(C·W·Babbage)。他在1832年出版的《论机器制造的经济性》一书中对学会操作所需时间的影响因素、调换工作与节约时间的关系、更换工具对工时的影响、重复从事一项工作的好处等进行讨论。这些概念在当时来说,确实是富有革命性的。

1886年美国耶鲁与汤公司的亨利·汤(Henry R·Towne)在美国机械工程师学会学报上发表了题为《工程师也是经济学家》的论文。该文强调工程师职业中的经济问题和经济责任,他力荐建立一个专门研究制造与管理问题的组织。美国另一位对工业工程的发展作出了贡献的是哈尔西(F·A·Halsey)——哈尔西奖金计划的创始人。他提出,奖金计划的动机是为了提高用工资成本衡量生产率。第三位为工业工程奠定基础的是美国人甘特(H·L·Gantt)。他不仅致力研究成本,研究如何正确选择和训练工人及如何建立合理的奖励制度,而且最重要的是通过研究计划安排,发明了有名的甘特图——即今天应用广泛的网络图。

当然,人们公认,工业工程真正的开端应是泰勒的研究工作。泰勒毕业于司蒂文斯理工学院(Sterens Institute of Technology)机械系。他于1878年进入米德瓦尔钢铁公司,先后当过车床机工、领班、车间工长、技师、机械师和总工程师。他对车间劳动组织、工作方法、工具使用、工时利用和生产管理等问题作了长期的潜心研究,积累了不少工种操作分析和工作时间分析的科学研究资料。这是世界上第一次在工业生产管理中系统地进行的动作和时间研究,它为实行定额管理和计件工资创造了条件。

1898年,泰勒受聘于伯利恒钢铁公司。他又对铲运铁矿

石和搬运铁块的劳动过程,如何选定最好的操作方法和操作工具,如何合理地安排工人的操作时间和休息时间进行了研究,从而制定了一系列的操作方法和工作制度。其目的主要是为了提高工作效率,减轻劳动强度,结果令人满意,工效提高了2~3倍。

泰勒还进行了大量的金属切削试验,研究如何提高金属切削工人的效率和产量。通过试验,泰勒取得了大量有关车、钻、刨、铣及其它机床的适当转速和进刀量的数据资料。这些工作,对当时美国的工业生产尤其是机械工业生产起到了极大的促进作用。

1903年,泰勒发表了《工场管理》(也有人译为《车间管理》),概述了他的科学管理思想的主要体系和特点;1911年又发表了著名的《科学管理原理》一书。甚至有人认为,没有读过泰勒这两本著作的人,不能算是了解工业工程起源的人。当然,这似乎有点言过其实,但由此可见泰勒在工业工程发展史上的份量。

在工业工程发展史上,占有重要地位的另一位巨匠是美国人吉尔布雷思(F·B·Gilbreth,1868~1924)。他也是工程师,受过泰勒的影响。但他研究的侧重点是劳动者的动作。他的夫人是一位心理学博士,对他的研究工作颇感兴趣,后来配合他在研究“人”的问题上作出了贡献。所以,现在人们在介绍吉尔布雷思的功绩时总是通称“吉尔布雷思夫妇”。目前,人们公认吉尔布雷思夫妇是动作研究的创始者。除动作研究外,他俩在疲劳研究、技能研究和时间研究等方面的成就也著称于世。必须指出,吉尔布雷思夫妇的重要贡献之一,是给组成一个“动作”的各个要素规定了定义,从而使人们能够更有效地研究和处理各个不同的动作,不象以往那样仅看到这些因素

的集合体。他们把“动作”分成若干个微细动作或“动素”，使人们对劳动者动作的科学分析向前跨了一大步。

当时，按照吉尔布雷思夫妇的方法培训的砌砖工人平均效率从每小时 120 块提高到 350 块，效果非常显著。1912 年，他们进一步改进动作研究方法，将工人操作时的动作拍成影片，对动作进行更细微的研究。1921 年，他们创造了工序图，为分析和建立良好的作业顺序提供了又一种有力工具。

泰勒、吉尔布雷思夫妇等人的努力，为工业工程的产生和发展奠定了基础。美国工业界从他们所创造的科学管理方法——主要是时间研究、动作研究等所带来的巨大效益中得到启发，开始注重寻求受过提高效率技术训练的职业人员。在这种形势下，根据泰勒的建议，1908 年美国宾西法尼亚州立工学院，开设了第一批与工业工程有关的课程，成为世界上第一所设立工业工程系的高等学校。1910 年有 2 名学生获得了工业工程硕士学位，在随后一年里，另外一些学校也都相继建立了工业工程系或专业。1933 年，美国康奈尔大学授予一位从事动作研究的学者巴恩斯(R·M·Barnes)美国第一个工业工程博士学位。他的论文题目为《细微动作研究的实践和理论》，是在著名的金博尔(Dexter Kimball)教授指导下完成的。后来被改写成有名的教科书《动作与研究》。经过多次修订和再版，至今仍被认为是动作研究的经典。1948 年，美国工业工程师学会(AIIE)在俄亥俄州哥伦布市成立，会员是读完大学课程或具有同等水平的富于经验的工程师。AIIE 于 1949 年 6 月正式出版了刊物《工业工程月刊》。工业工程师学会的成立，使美国的工业工程开始有了全国性的中心。

20 世纪 50 年代，是工业工程从战前经验主义转变为战后讲求定量方法最活跃的年代。从 50 年代开始，运筹学的若



干方法已成为管理工程师的标准程序。在美国的许多大学的工业工程课程中,有了更多的数学;系统分析和系统设计的方法开始改变;采取与运用适当的数学模式对一个系统进行阐述、设计、综合的新概念已逐渐为人们所接受。由于许多新的科学进展,如优化程序、概率理论、统计分析与预测等,工业工程得到了较迅速的发展,运筹科学替代了经验主义。

在此同时,对工业工程发展起到关键作用的另一个里程碑是电子计算机的出现。有了计算机,工业工程师可以借助于足够的洞察能力和创造性的想象,用逻辑的、数学的语言,对一个系统内各种因素的行为和关系进行描绘。他们可以改变系统的参数,模拟一天、一个星期、一月甚至一年的运行情况,测量其结果,并与其它类似的系统作比较。据此,工业工程师就能够处理大系统,而在过去,就是小系统也是处理不了的。可以这样说,正是由于这两大发展(数学进展及其在运筹方面的应用,电子计算机的出现),工业工程才得以从非定量的经验科学中脱颖而出,转变成为一门数学相当复杂的硬科学,且依赖于基础科学的程度也和其它兄弟学科一样了。

随着工业工程的发展,工业工程逐渐形成了经典工业工程和现代工业工程。经典工业工程又称传统或早期工业工程。它是20~40年代,人们在时间测定和方法研究的基础上,吸收一些其它学科的理论和方法发展起来的。由于经典工业工程方法简便实用,所以至今仍被广泛地应用着。据不完全统计,现在美国仍然有80%的公司和工厂还在应用。

现代工业工程是指40年代以后,人们在早期工业工程的基础上吸收了系统科学、信息科学、计算机科学、运筹学以及人类工效学等新技术学科的理论和方法,把制造技术、生产工程和管理科学等新学科和新技术融合在一起,所发展形成的