

GONGYE GONGCHENG

工业工程(IE)

张井泉 编著

程

机械工业出版社

291592

工业工程 (IE)

张井泉 编著



机械工业出版社
北京 1996

(京) 新登字 054 号 0012/08

工业工程是一门实践的学问, 广泛应用于国民经济各个领域和部门。本书讲述了工业工程的起源和基本内容, 以及降低成本、提高劳动生产率和提高经济效益的途径及技法, 并附有工业工程应用实例。该书力求反映工业工程的最新研究成果, 内容也力求做到通俗易懂, 可供各类经营管理者、工程技术人员及大专院校师生学习和参考, 也可作为全员普及工业工程基础知识的实用教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业工程 (IE) / 张井泉编著. —北京:

机械工业出版社, 1996. 6

ISBN 7-111-03137-8

I. 工… I. 张… III. 工业工程 IV. F1402

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 04815 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 卢志坚 封面设计: 王洪流

林业大学印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1996 年 8 月第 1 版·1996 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/32·11.75 印张·248 千字

0001—4000 册

定价: 16.00 元

前 言

工业工程 (Industrial Engineering) 在工业发达国家中已广泛应用于工业、商业、服务性行业及公用事业等各个领域和部门。近年来, 工业工程引起了我国工业部门的重视。一些企业应用工业工程已取得了初步成效。可以预料, 随着我国改革开放的深入发展, 工业工程将在我国国民经济的各个领域和部门中得到广泛的应用, 并将取得巨大的经济效益。

工业工程是一门综合性的交叉学科。它的研究对象是一个系统工程, 所运用的原理、方法和技术涉及管理科学、工程技术、社会科学及数学分析等多种学科和技术。随着科学技术的发展, 工业工程将不断地吸收相关学科的新成就, 其内容将不断充实和完善。

为使人们尽快熟悉和掌握工业工程的起源、基本思想和主要技法以及它在提高劳动生产率、降低成本、资源优化和合理配置中的作用, 特编写了《工业工程 (IE)》一书。在编写过程中, 参考了国内外工业工程的有关资料。谈文耀、韩志远、姚百忠、张文志等同志曾对本书的编写提出过宝贵意见, 在此表示感谢。

由于编著者水平所限, 加之成书仓促, 错漏之处在所难免, 望读者赐教, 不胜感谢。

编著者

目 录

前言

第一章 概论	(1)
第一节 工业工程概述.....	(1)
第二节 工业工程的基本内容.....	(9)
第二章 作业研究	(18)
第一节 动作研究	(18)
第二节 时间研究	(34)
第三节 瞬时观测法	(52)
第三章 工程分析	(72)
第一节 工序分析	(72)
第二节 专门分析	(90)
第三节 熟练性工程.....	(102)
第四章 价值分析	(115)
第一节 价值分析的概念及其基本原理.....	(116)
第二节 价值分析的活动程序及其指导原则.....	(121)
第三节 价值分析的对象选择及其方法.....	(126)
第四节 改进方案的制定及其效果评价.....	(150)
第五节 价值分析活动的组织及其推行.....	(166)
第五章 经济性研究	(171)
第一节 经济计算.....	(171)
第二节 设备的技术经济分析.....	(178)
第三节 质量经济性分析.....	(189)
第六章 工厂设计与物流系统分析	(202)

第一节	工厂设计的基础·····	(202)
第二节	工厂设计计划的步骤·····	(210)
第三节	物流系统分析·····	(224)
第七章	计划与生产过程的控制·····	(235)
第一节	计划·····	(235)
第二节	生产过程的控制·····	(253)
第三节	工序最宜诊断间隔的确定及工序调整···	(264)
第四节	文明生产与定置管理·····	(270)
第八章	降低成本·····	(281)
第一节	成本及费用的核算·····	(281)
第二节	成本预测及降低成本的途径·····	(286)
第九章	人机工程·····	(295)
第一节	人一机系统·····	(295)
第二节	提高劳动生产率·····	(309)
第十章	工业工程应用实例(论文选)·····	(315)
	提高流水线生产效率的有效方法·····	(315)
	论产品的开发策略·····	(321)
	定置管理的应用·····	(323)
	价值分析在JDK滚轮式液压千斤顶改型设计中的 应用·····	(328)
	模糊评测法在产品开发中的应用·····	(333)
附录		
	附录A. 随机数表·····	(338)
	附录B. 周期系数表·····	(339)
	附录C. 熟练资源系数表·····	(341)
	附录D. 复利表·····	(343)

第一章 概 论

工业工程 (Industrial Engineering) 在工业发达国家应用非常广泛, 不仅应用在工业部门, 还扩大到服务业 (如商业、银行、医院、建筑和运输等部门), 几乎涉及一切有组织的活动。这些国家在大学里普遍设有工业工程专业, 开设学士、硕士和博士等学位不同层次的课程, 有完整的教育体系, 培养大量的 IE 人才。工业工程近几年引起我国工业界的重视, 一些企业应用工业工程已取得了初步成效。可以预测, 工业工程将在我国得到广泛的应用, 并将给企业带来显著的经济效益和社会效益。

第一节 工业工程概述

工业工程起源于美国, 经历了近百年的发生、发展、应用和推广过程, 内容越来越丰富, 已经成为一种跨学科性质的交叉科学和一门实践的学问。

一、工业工程的定义

美国 IE 协会的定义是:

工业工程是由人员、物资、设备、能源和信息等组成的整体体系进行设计、改进和贯彻实施的一门科学。它利用数学、物理学和社会科学的专门知识与技能, 应用工程分析的原理和方法, 对上述系统可能获得的成果予以阐述、预测和

评估。

日本 IE 协会给工业工程下的定义是：

设计、改进和建立使人、物资、设备构成一体来发挥其功能的管理系统的学说，并用数学、自然科学、社会科学的专门知识及技术上的分析和综合的原理与技术来确定、预测和评价这一体系所取得的成果。

国外各 IE 组织对工业工程下的定义虽然各异，但其实质是一样的，都认为它是一门综合的交叉学科，它的研究对象是一个系统工程，它运用的原理、方法和技术涉及管理科学、工程技术、社会科学及数学分析等多种学科与技术。而且随着科学技术的发展，IE 不断吸收相关学科的新成就，其内容不断充实。

二、工业工程的特点

1. 学科范围大，领域广

由于工业工程具有技术领域跨学科的性质，所以它既属于工程学范畴，又属于管理技术范畴。工业工程主要以生产过程为研究对象，以提高劳动生产率、保证质量和降低成本为目标，以系统理论和运筹方法为中心，综合运用自然科学和社会科学、工程技术和知识，设计、建立和改进生产系统，使其实现最优化。因此，它涉及的学科多，领域广。

2. 注重研究人的因素

工业工程是把技术和管理结合起来应用，致力于提高劳动生产率、保证质量和降低成本的一门技术。实现这些目标的关键因素是人。人是最活跃的和不确定性最大的因素。IE 把研究人与其他要素之间的关系、人的行为和激励方法作为重要内容，以寻求人对系统的良好适应性和高度的积极性与

创造性。

3. 全面系统的综合研究方法

工业工程研究的主要对象是人员、物料、设备、能源和信息等，充分发挥投入资源的作用，并使它们有效地并科学地结合，达到投入少、产出多的效果。孤立地或静止地研究生产诸要素，往往是达不到目的的。IE 从系统观念出发，用系统工程的原理和方法进行全面考察，统筹分析，以生产系统的整体效果为出发点，去研究各个要素如何发挥最佳效能。所以，它的研究方法实质上是系统工程的方法。

三、工业工程的起源和发展

工业工程作为一门实践的学问，起源于美国。一般认为，IE 是 19 世纪末 20 世纪初，在由美国人泰勒（F. W. Tayler）等人创立的科学管理的基础上发展起来的。泰勒创造的时间研究（Time Study）和另外两位科学管理先驱吉尔布雷斯（F. Gilbreth）夫妇创造的动作研究（Motion Study），为工业工程奠定了基础。当时，制造业利用这两种方法大幅度提高了劳动生产率，并推动了对 IE 人才的需求。1908 年，根据泰勒的建议，宾夕法尼亚州州立工学院开设了与工业工程有关的课程。之后，其他一些学校也开设了工业工程课程。IE 人才的培养，在很大程度上推动了 IE 的发展。同时，学术与行业活动组织也逐渐形成。开始，在“美国机械工程师学会”（ASME，1888 年成立）的管理分会中，有部分人员从事 IE 技术的研究。1917 年，从“西方效率协会”（Western Efficiency Society）中分出一个“工业工程师协会”（Society of Industrial Engineer）。虽然它后来又并入了“管理促进协会”，但是导致了 1948 年“美国工业工程师协会”（AIEE）的正式成

立，标志着进入了现代化工业工程的时期。

在工业工程的形成和发展中，以下人员做出了突出贡献。

(1) 泰勒 (Frederick Winslow Taylor 1856—1915) 美国古典管理学家，科学管理的主要倡导人，被称为“科学管理之父”。泰勒认为，当时的企业管理当局没有用科学的方法进行管理，不懂得工作程序、劳动节奏和疲劳因素等对劳动生产率的影响；工人缺乏训练，没有正确的操作方法和合理的工具。这些都大大影响了劳动生产率的提高。为改进管理，1880 年他在米德维尔钢铁公司带领一些人进行了试验，系统地研究和分析了工人的操作方法和劳动时间，取得了有关车床、刨床、钻床和铣床等在运动速度、进刀及材料等方面的丰富资料，为高速切削和精密切削提供了科学依据。他于 1891 年独立开业，从事工厂管理咨询工作。1898~1901 年，他受雇于贝瑟利恩钢铁公司做咨询工作，并继续进行各种试验。他曾进行搬运生铁的试验，经过对工人进行训练和采用经济合理的方法，使每个工人平均每天装运生铁量由 12.5t 提高到 47.5t。在铲铁试验中，泰勒确定一般工人以每铲的质量为 9.45kg (21 lb) 时效果最好，每天完成的工作量最大。所以，在铲重物时，铲子要小些；铲轻物时，铲子要大些。为此，他专门设立了一个工具室，存放了 10 种左右大小不同的铲子，供工人们挑选使用。铲铁矿时用小铲，铲煤末时用大铲，使每铲的质量保持在 9.45kg (21 lb) 左右，从而大大提高了工效。在这些试验的基础上，逐渐形成了后来被称为“科学管理”或“泰勒制”的管理制度。泰勒在 1911 年出版了《科学管理原理》一书，系统地阐述了他的观点。列宁对泰勒的科学管理作了全面评论，指出它“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”。

(2) 吉尔布雷斯夫妇 (Frank Gilbreth 1868—1924 and Lillian M. Gilbreth 1878—1972) 弗兰克·吉尔布雷斯出生于美国缅因州，1885 年考入麻省理工学院，但因家庭困难，放弃了上大学机会而当了砌砖工人，其后成为建筑工程师，被提升为承包公司总管，不久又成为独立经营的建筑承包商。他一生从事“时间与动作”的研究。

莉莲·吉尔布雷斯毕业于加州大学。是美国第一位获得心理学博士的妇女，1904 年与弗兰克·吉尔布雷斯结婚。被称为“管理学的第一夫人”。

吉尔布雷斯夫妇对科学的管理发展有重大的贡献。弗兰克·吉尔布雷斯重视工作效率，其夫人重视劳动者的心理作用。他俩从事分解动作研究，发明和应用了许多新技术。首先使用拍摄电影的方法，分析和改善动作，寻求“最佳法”以提高工作效率。同时把工人的操作动作分解为 17 个基本动作，叫做动作的基本元素 (Therblig, 是 Gilbreth 本人名字的反写，只有一个字母顺序变换)。通过对各种动作的分解，剔除不必要的动作，形成新的工作方法。如吉尔布雷斯夫妇把砌砖动作由 18 个减少到 5 个，人均砌砖由每小时砌 120 块提高到 350 块。他们除对人的动作进行改善外，还设计出一种可调支架，使工人不必弯腰取砖，减轻了工人的劳动强度。

吉尔布雷斯夫妇关心工作中人的因素，强调在应用科学管理原理时，必须重视人的因素，认为引起工人不满的原因，不仅是工作的单调乏味，而且主要是主管部门对工人的漠不

关心。他们主张了解工人的性格和需求，应设法满足人的需要。这对后来行为科学的发展有一定影响。

(3) 甘特 (Henry Laurence Gantt 1861—1919) 科学管理的倡导者之一。出生于美国马里兰州，1880年毕业于霍普金斯大学，曾在中学任自然科学和机械学教师，1884年获机械工程师职称。1887年进入米德维尔钢铁厂工作，并结识了泰勒，成为泰勒的亲密合作者。自1901年至终年，从事咨询工作，并在哥伦比亚大学、哈佛大学和耶鲁大学等校任教。第一次世界大战期间，曾任美国陆军部顾问。

甘特对科学管理的主要贡献有：

①在生产管理中创制了甘特图 (Gantt Chart)。此图的纵坐标表示产量或工作量，横坐标表示时间单位。此图自1917年问世至今已70多年，现仍在国民经济的各个部门中广泛使用。

②提出“劳动报酬奖金制”。他主张一个工人完成当日定额，除得到日工资外，还可得到奖金。超过定额的，则应增发一定比例的奖金；完不成定额，日工资照发，但不予处罚。这种奖先进不罚后进的主张，促进了工会对科学管理从抵制到理解和支持的转变。

③主张管理者有责任教导工人使之养成勤奋工作的习惯，增进工人与管理者之间的相互理解。甘特在1908年向美国机械工程师协会提交的论文《训练工人养成勤劳和合作的习惯》中主张：在所有管理问题中，人是最重要的因素，应对工人进行培训教育，指导他们提高技术，为完成定额创造条件，而不是单纯地驱使。

④认为企业应将重点放在服务上，而不是专图盈利，应

以服务为最终目标。1918年，他在论文《歧路》中继续呼吁企业应为社会服务，否则是步入歧路。

(4) 法约尔 (Henri Fayol 1841—1925) 欧洲古典管理理论的创始人。出生于法国，1860年毕业于法国国立采矿学校，同年受聘于康门塔里—福尔香包矿冶公司 (S. A. Commeny—Fourchambault)，任采矿工程师，1888年晋升为该公司的总经理，1918年退休。当他开始担任总经理的时候，公司正濒临破产的边缘。经他努力经营，该公司转危为安，财政基础臻于巩固，业务蒸蒸日上，至今仍是法国中部最大的矿冶集团的一部分。法约尔认为，他的成就不归功于个人天才，而归功于经营管理。他被称为“现代经营管理理论之父”，与被称为“科学管理之父”的泰勒齐名。这两位古典管理学派的代表人物，虽然都是工程师出身，但所处的地位不同，研究的对象各异。泰勒由学徒到技工，再升为总工程师，着重于一个车间和工场的生产管理研究。法约尔开始即为工程师，并长期担任总经理，位居高层次，着重于企业全面经营管理的研究。

法约尔的主要贡献是全面总结了自己的经营管理经验，形成了一套比较完整的管理理论，并于1916年出版了《工业管理和一般管理》一书。在这本书中，他认为整个工业经营活动应包括：技术活动、商业活动、财务活动、安全活动、会计活动和管理活动。并明确指出：管理包括计划、组织、指挥、协调和控制5种职能(要素)，从而确立了管理人员14条原则，即：分工、权力与责任、纪律、命令的统一、指挥的统一、个人利益服从于整体利益、职工的报酬、集权、管理层次、秩序、公正、保持人员的稳定、发挥职工的主动性和

创造精神、集体主义。6种经营活动、5种管理职能和14条管理原则，构成了法约尔经营管理的重要内容。他一再指出，这些管理理论适用于一切企业。由于一切企业都需要进行管理，所以，他提倡在大学和专科学校中都应讲授管理学。他对现代经营管理科学与管理教育的发展，有重大的贡献。

(5) 埃墨森 (Harrington Emerson 1853—1931) 美国早期的科学管理专家。他同泰勒有密切联系，发表了许多论文，在工时测定、降低成本、提高效率和消除浪费等方面都有过很大贡献。埃默森创立的奖励工资制 (Emerson Premium System)，对当时工人的劳动生产率的提高起了积极作用。其主要内容是：对生产的各个方面，用科学的方法制定工作标准；用标准时间除以工人实际完成时间确定工人的工作效率；按工人工作效率的高低确定是否给予奖金和奖金额的多寡。使埃默森名载史册的大事是他 1911 年在铁路运价案听证会上的卓越表现。他反对铁路当局提出的涨价要求，认为铁路部门若能实行有关科学的管理原则，可在很大程度上节约费用，提高效率，而不必提高运价。他的主要观点收录在 1912 年出版的《效率十二原则》一书中。十二原则是：明确目标、客观态度、利用咨询、纪律与制度、公正待人、持久的记录、工作排序、职务标准化、环境标准化、操作标准化、标准化说明书和效率奖励。他是第一个把自己的咨询业务叫作“效率工程”的。他被世人尊称为“效率的大教长”。

(6) 福莱特 (Mary Parker Follett 1868—1933) 美国女管理学家，把科学管理同行为科学联系起来的学者。福莱特生活在科学管理时期，对泰勒的某些观点很赞赏，并作了进一步的概括。但从她的政治哲学和管理哲学的基本倾向来看，

接近于行为科学。她的许多论点同霍桑试验（Hawthorne experiment）是一致的。她的管理哲学思想主要有：通过利益的结合减少冲突；变服从个人权力为遵循形势规律；通过协作和控制达到目标；领导应以领导者和拥护者的相互影响为基础。她把管理的任务概括为一个词——“协调”。

第二节 工业工程的基本内容

工业工程是一门跨学科多领域的交叉科学，它不断地吸收新的科学技术，所以包含的知识范围越来越广，特别是统计学的发展和运筹学在企业管理方面的应用，以及电子计算机的出现和使用，使解决的问题更加广泛，日趋复杂，促进了工业工程有了更快的进步，由传统的 IE 发展成为现代的 IE。

IE 有狭义和广义之分。

一、狭义 IE

狭义 IE（即古典 IE 或基础 IE）主要限定在手法研究上，其定义为：为达到经营目的而进行的手法研究。

其主要内容有：

- ① W/S 观测（工业抽样观测）。
- ② 动作分析。
- ③ 时间研究。
- ④ 工序分析。
- ⑤ 作业分析。
- ⑥ 5S（科学的整理整顿）活动。
- ⑦ 流水线的设计与应用。

基础IE体系（即基础工业工程）包括：

1. 生产设计

企业为了求得生存和发展，除了靠提高质量外，还需靠发展品种，要不断地有新产品问世。以品种求发展，实现品种多样化，从各个方面满足市场的需求和人们的需要，要构思和研制具有新功能和水平的新产品。生产设计，是在不改变产品功能时决定产品的性能，考虑生产条件进行的具体设计。品种增加，原材料基本不变，成本还要降低，库存量还要减少，这里就有标准化的问题，应考虑符合标准化及现有生产设备的设计。

2. 作业研究

方法研究、作业测定和运转分析是作业研究的主要内容。

（1）方法研究 是分析作业方法的研究，基本要求是操作方法要合理，要节约，要均衡。要合理，如搬运一重物，搬不动硬要搬叫不合理；压力机没有安全措施硬干也叫不合理。要节约，如生产出的在制品应放在运转车上，硬放在地上，增加了不必要的动作，造成了人力的浪费，就叫做不节约。要均衡，生产安排上前松后紧就是不均衡，如月初没活干，月底“连轴转”。方法研究的目的是：改进操作方法，减轻工人的劳动强度，有效地利用机器、原材料和人力，使产品的制造、工作效率和资源利用达到最优组合，以取得最大的效果。

（2）作业测定 所谓作业测定，是在掌握和消除了生产过程中所包含的多余和无效时间的同时，确定合理的工时定额（标准时间）的方法。作业测定和方法研究是互为表里、不可分和互相依靠的，搞作业测定必须了解作业方法。作业

方法是作业测定的依据，不同的作业方法测定的作业时间不同。作业测定的前提条件是确定最好的作业方法，用最好的作业方法确定作业时间。作业测定的目的是：设定标准作业时间，从而为制定生产计划及编制定员奠定基础。

(3) 运转分析 运转分析是通过对设备和人员的运转状态的分析，提高设备的利用率和人的工时利用率。一般用瞬时观测法进行设备的开动率和人的工时利用率的测定。其目的是：通过运转分析找出运转中的问题，合理分配和协调人及机器的任务，从而得到最优的结果。

基础工业工程的体系如图 1-1 所示。

二、广义 IE

广义 IE 是相对狭义 IE 而言的。其研究内容是：对由人、材料及设备等组成的系统进行设计、改进和配置。它利用数学、物理学及社会科学领域里的专门知识和技能，以及工程分析和设计的原理及方法，对其获得的效果给予说明、预测和评价。广义 IE 的内容非常广泛，要精确地说明它的知识范畴是不容易的。美国国家标准委员会 1972 年制订的 Z92 标准，即《工业工程术语》，把 IE 划分为 12 个知识范畴：

- 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设计规划（含工厂设计、维修保养和物料搬运等）。
- ⑥工程经济。
- ⑦材料加工（含工具设计、工艺研究、自动化和塑料加工等）。