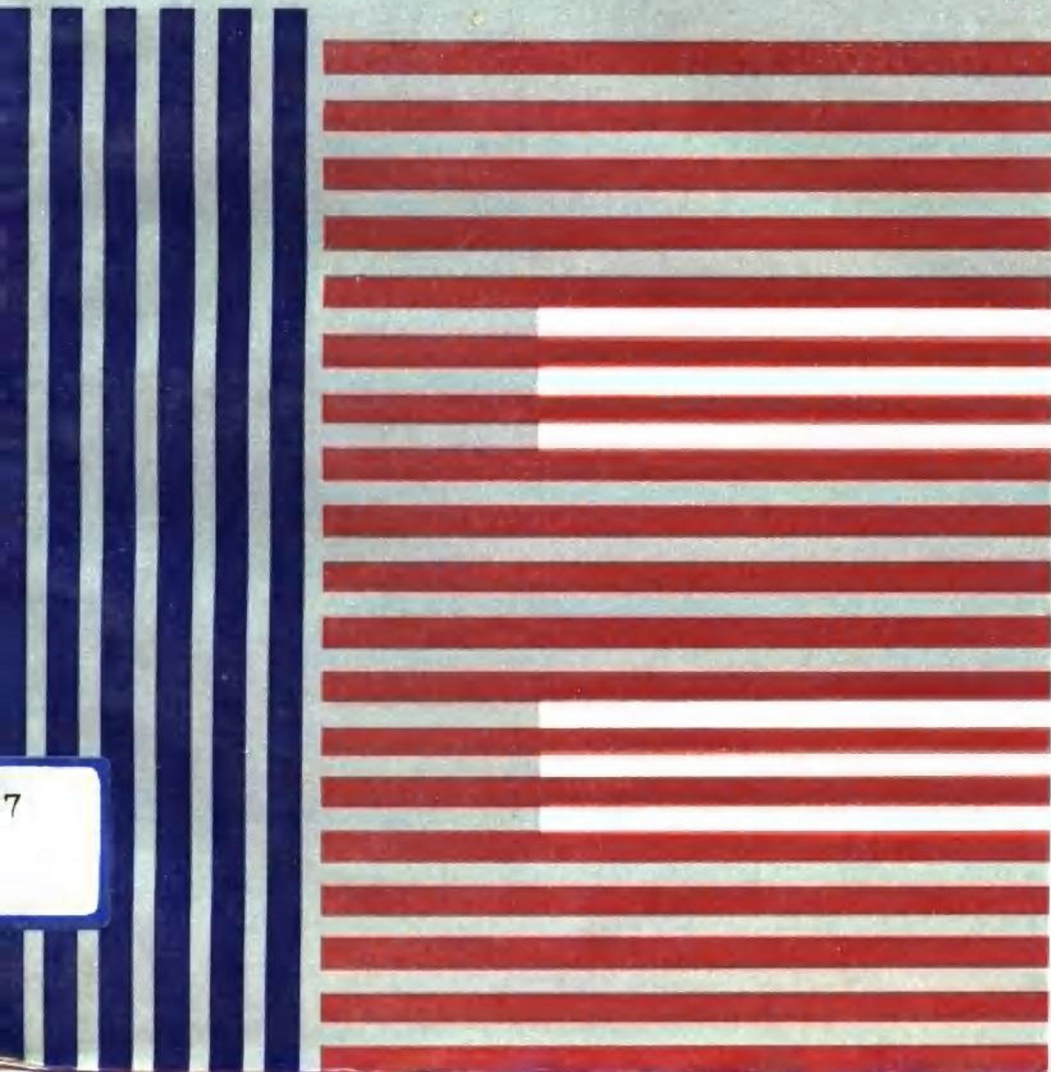


工业工程(IE)及其应用

李春田 编著



(京)新登字 023 号

内 容 简 介

本书较系统地阐述了工业工程(IE)的基础理论与方法,介绍了国内外的实践经验并用具体事例讲解了如何在制定工作标准、优化生产现场管理(开展 5S 活动、定置管理)、挖掘企业内部潜力、提高生产效率以及探索企业管理新方法、新思路等方面的应用问题。

本书从实际应用的需要出发,又考虑到教学的要求,知识体系完整、资料详实、循序渐进、通俗易懂,既可作为自学读本,也可作为在职培训的教材和大专院校的教学参考书。

工业工程(IE)及其应用

李春田 编著

责任编辑 吴建伟 马兆明

*

中国标准出版社出版

(北京复外三里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 850×1168 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$ 插页 9 字数 252 000

1992 年 9 月第一版 1992 年 9 月第一次印刷

*

ISBN7-5066-0540-6/TB·215

印数 1—5 000 定价 6.90 元

*

标目 195—03

前 言

工业工程(Industrial Engineering, 缩写 IE)起源于美国,是从泰勒创立的科学管理理论和方法的基础上发展起来的。经过将近一百年来丰富和发展,现已形成一门独立的工程学科,同时也是一项非常实用的管理技术。IE 在许多国家得到广泛地普及和应用,大学里设有工业工程系或专业,公司里设有工业工程部,企业里有专门的 IE 工程师。在美国至今 IE 人材仍旧是需求短缺最严重的。其所以如此,无非是因为 IE 是一门用途极为广泛的学科,它的作用或用途至少可概括为如下几方面:

- 对系统进行规划、设计和评价的技术;
- 物流系统、生产系统的优化技术;
- 企业现场管理和现场状况的诊断技术;
- 挖掘内部潜力,提高工作效率的技术;
- 杜绝各种浪费、节约各种资源的技术;
- 科学管理的基本功,提高企业素质的“健身术”;
- 制定工作标准的科学方法。

总之,工业工程是一项投资较少,效益较高,走内涵式发展生产道路的理想技术。由于它非常适合我国国情和我国企业目前的状况,所以,近几年传入我国之后,一经在企业里应用便收到了明显的效果,引起了企业界、学术界、教育界、政府部门和有关领导的重视。不少学(协)会纷纷成立了工业工程研究会;企业的应用试点迅速扩大;一批高等院校在积极筹备开设专业或课程。国务院学位委员会、国家教委在新近批准的《授予博士、硕士学位和培养研究生的学科、专业

目录》中增设了代号为 0811S2 的工业工程专业。在 1990 年国务院颁发的 33 号文件中指出,为了加强企业现场管理,要“有步骤地推行定置管理、工业工程等先进管理方法”,原国家技术监督局局长徐志坚同志在同年召开的全国贯彻标准化法工作会议上说:“中国标准化协会准备用两三年时间推广普及这项技术以提高工作标准的科学性和实用性,是一件好事”。所有这些情况都预示了工业工程在我国将要出现一个大发展的局面。

这本小册子是我的学习心得,或者也可叫做读书笔记。我开始学习工业工程是 1978 年以前的事。有一次我在一份资料上偶然见到美国著名质量管理权威朱兰博士对日本学者讲了这样一段话,他说:“美国在世界上值得夸耀的东西就是 IE。美国之所以打胜第一次世界大战,又有打胜第二次世界大战的力量,就是美国有 IE。”朱兰博士的这个论断使我大为吃惊,从这以后我迫不急待地想知道什么是 IE? 它为什么有如此神奇的作用? 可是到书店和图书馆都找不到详细介绍 IE 的著作。又是一次偶然的机会,1984 年北京科技出版社引进了日本规格协会编辑出版的《经营工程学丛书》全套共 20 卷,要我承担其中的第 14 卷《作业研究》的翻译工作。我读完这本书的序言之后,惊喜万分,原来它就是到处寻找的工业工程(更正确些说是经典工业工程),我通过翻译这本书,对工业工程有了一个基本的了解,当这本书出版时我国科学界的老前辈茅以升同志还为它写了序,茅老在序言中详细介绍了 IE 的创始人研究工人砌砖作业的情形。他说这套科学方法至今在美国仍有 80% 以上的公司和工厂在应用着,他 1917 年在美国读书时学过,后来回国修建钱塘江大桥时就应用上了。这就更加激起了我钻研 IE 的热情。

另外,通过学习我逐渐认识到 IE 同标准化有着极其密切的关系,对企业里所开展的工作(作业)标准化来说,IE 为我们提供了一整套科学的方法,是开展工作标准化最理想的工具,我如获至宝,欣喜不已,于是在 1985 年的《中国标准化》杂志上,连载了 10 篇文章,

概略地介绍了工业工程,并提出运用 IE 制定工作标准的建议。到了 1989 年 4 月应辽宁省标准化协会的邀请,在兴城为辽宁省各市地举办了第一次“工作标准与工业工程”培训班,随后辽宁的同志把我的讲稿交辽宁教育出版社出版了一本小册子叫做《工作标准与工业工程》,1990 年 6 月中国标准化协会在杭州举办“工作标准与工业工程”师资研讨班时,与会同志提了不少宝贵意见并纠正了讲稿中的某些错误。为了满足标准化界普及 IE 的急需,我又将此次讲稿加以修改、补充,编成了一本叫做《IE 与标准化》的小册子,作为中国标协普及工业工程的内部讲义。通过一年多的教学实践,同时又吸收了我国近年来应用工业工程所取得的经验,参阅了国内外学者的论文和著作,补充了应用的实例,编成了这本仍不成熟的小册子。诚恳地期望能够继续得到大家的帮助和指导并热切地盼望着能有更多的同志一起来探讨 IE 的理论、方法和应用问题,这就是我的愿望。

编者

1992 年 1 月

目 录

第一章 工业工程概论	1
第一节 什么是工业工程	1
第二节 工业工程的产生和发展	4
第三节 工业工程在我国的推广和应用	13
第四节 推广应用工业工程的作用和现实意义	16
第五节 工业工程的基本思想、活动程序和研究范围	24
第二章 方法研究概述	29
第一节 什么是方法研究	29
第二节 方法研究的一般程序	30
第三节 方法研究的层次	33
第四节 方法研究的预备知识——工业企业产品生产过程 构成	35
第五节 方法研究的分析工具	38
第三章 工序分析	48
第一节 什么是工序分析	48
第二节 过程分析	50
第三节 工艺流程分析	56
第四节 布置和经路分析	65
第四章 作业分析	72
第一节 什么是作业分析	72

第二节	作业方法分析	74
第三节	工具、设备、原材料分析	81
第四节	作业环境条件分析	91
第五章	动作分析	94
第一节	什么是动作分析	94
第二节	基本动作要素分析	95
第六章	影像分析	107
第一节	影像分析的用途和方法	107
第二节	细微动作影像分析	108
第三节	慢速摄影(录像)动作分析	110
第七章	作业测定——直接观测法	113
第一节	什么是作业测定	113
第二节	秒表测时法	117
第三节	工作抽查	128
第八章	作业测定——合成法	139
第一节	预定动作时间标准法(PTS 法)	139
第二节	模特计时法(MOD 法)	141
第三节	标准资料法	150
第九章	标准时间	157
第一节	什么是标准时间	157
第二节	标准时间的意义和用途	157
第三节	标准时间的构成	158
第四节	制定标准时间的程序	160
第五节	标准时间的修正	161

第十章	应用工业工程制定工作标准	163
第一节	工作标准化的产生和发展	163
第二节	工作标准化的重要意义	167
第三节	工作标准的制定原则及其内容	170
第四节	工作标准的制定方法和程序	174
第五节	工作标准的表达方式	175
第六节	运用工业工程制定的工作标准(示例)	187
第十一章	应用工业工程制定劳动定额标准	197
第一节	什么是劳动定额标准	197
第二节	劳动定额标准化的理论依据	203
第三节	制定时间定额标准的一般要求	204
第四节	制定劳动定额标准的步骤与方法(示例)	206
第十二章	应用工业工程改进现场管理	211
第一节	现场管理的重要性	211
第二节	工业工程与现场管理	213
第三节	5S 活动	217
第四节	定置管理	221
第十三章	应用工业工程开创企业管理新方法	229
第一节	一个流生产方式	229
第二节	动态工作改进法	231
第三节	规范化工作法	234
第四节	工作研究模特法	236
第五节	走内涵式发展生产的道路	240
附录 A	日本工业标准 工序图记号	244
附录 B	美国国家标准 工艺流程图	257
参考书目		269

第一章 工业工程概论

第一节 什么是工业工程

一、工业工程的定义

工业工程(Industrial Engineering)简称 IE,是本世纪初出现的一门工程学。

工业工程虽然已经有了将近一个世纪的历史,并且在世界各国得到了广泛的应用,但是至今还没有一个全世界公认的统一定义。这是因为工业工程是一项实用性极强的技术。它从企业的现实需要出发,为了解决企业中出现的具体问题,随时采用各种适用的技术和方法,尔后便逐渐将这些方法纳入到工业工程的范畴之内。所以,随着工业化的发展和其他领域里新技术的开发和新方法的运用,工业工程的内涵和外延都随着发生变化。所以,迄今为止,关于工业工程的定义已有几十种之多。现将有代表性的几种介绍如下:

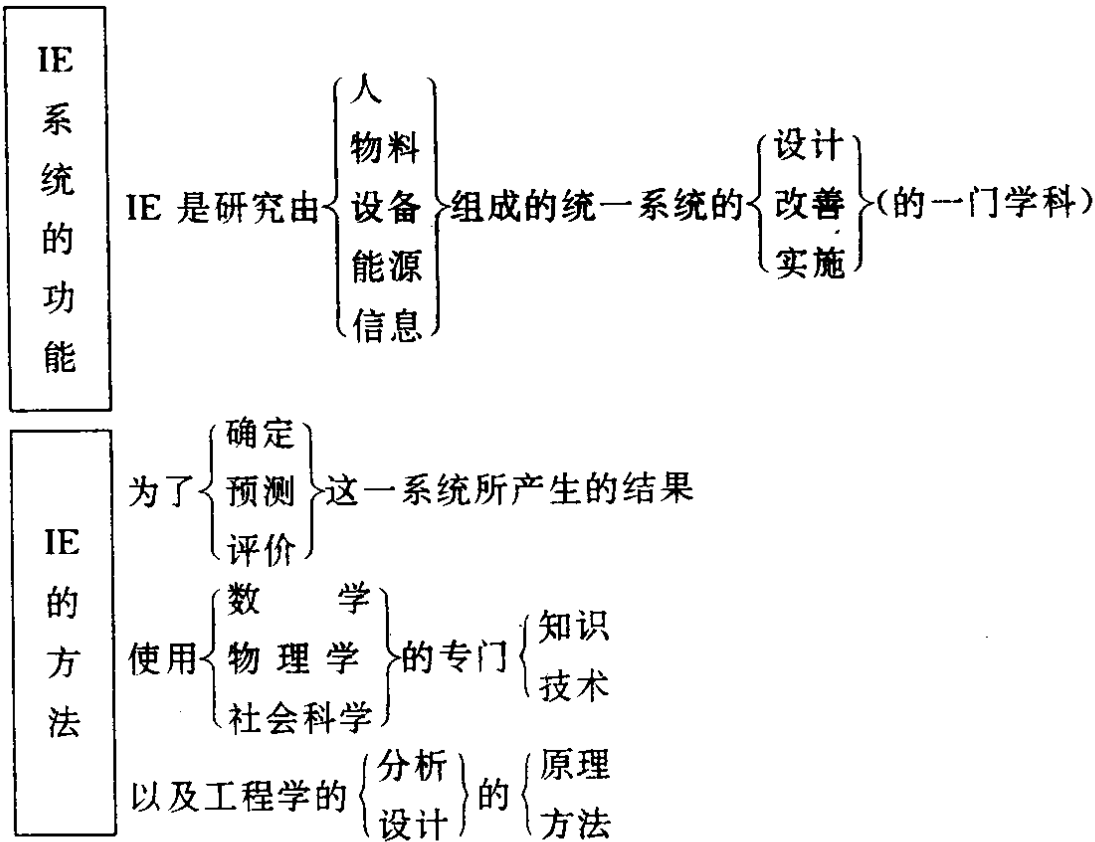
1. 美国工业工程师学会(AIIE)的定义:

“工业工程是研究把人、物料、设备等从组成整体系统的角度,予以设计、改进和组合配置的科学。它运用数学、物理学和社会科学等方面的专门知识和技术,同时使用工程学中分析和设计的原理与方法,对上述整体系统所能得到的功效,进行说明、预测和评估”。

注:这是 AIIE1955 年的定义,是关于 IE 的第一个正式定义,据资料介绍 70 年代 AIIE 曾对此定义略作修改,在“设备”之后增加了“能源”一词。

为便于对上述定义的理解,我国学者姜文炳教授设计了如下的

表达方式:



2. 美国机械工程师学会(ASME)作业标准化委员会的定义:

“IE 是在规定的时间内,为了以最佳成本实现期望的量和质,利用和协调人、设备、物料的技术和科学”。

3. 日本 IE 协会的定义:

“IE 是将人、物料、设备视为一体,对发挥功能的管理系统进行设计、改进和设置。为了对这一系统的成果进行确定、预测、评价,在利用数学、自然科学、社会科学中的特定知识的同时,并采用了关于技术上的分析和综合的原理和方法”。

4. 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”。

5. 日本科技联 IE 研究会编的《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

统的设计和改进,从而提高生产率并降低成本的技术”。

上述这些定义,尽管提法不尽一致,但却可以看出其中有许多共同点,这些共同点便是对 IE 本质特征的揭示。

二、工业工程的特征

工业工程最基本的特征可概括为如下几方面:

1. 工业工程研究的对象不是一般的孤立事物,而是一个系统。这个系统是由人、物料、设备等因素组成的(这是指生产系统,也可能是其他系统,如社会服务系统),人是这个系统的主体——以人为主体的工作系统。

2. 工业工程的研究方法是综合运用系统理论、运筹学和工程分析等多种科学技术,把生产、管理或服务过程,作为一个完整的系统,看作是一个动态的过程,从追求系统整体效果出发,寻求各因素的合理配置、协调运行。

3. 工业工程活动的目标是通过不断地改进和优化设计,使系统更加合理化,产生最佳的综合效益。

三、工业工程的学科属性

工业工程的理论基础是由泰勒和基尔勃里斯奠定的。本世纪初他们分别创立了时间测定技术和动作分析技术,后人在这两项技术的基础上又吸收了其他学科的理论与方法,建立了一门技术叫《作业研究》,也叫《工作研究》,这就是早期的工业工程,现在人们常称它为“经典工业工程”或“基础工业工程”。由于早期工业工程的方法有简便实用的特点,所以至今仍被广泛地应用着,据不完全统计,现在美国仍然有百分之八十以上的公司和工厂还在应用着这些技术进行管理。

到本世纪 70 年代,工业工程吸收了系统科学、信息科学、计算机科学、运筹学以及人类工效学和管理科学的理论与方法,把制造技

术、生产工程和各种新学科、新技术融合在一起,形成了一门跨学科的综合性的工程科学。它的内容之丰富程度,可从美国国家标准 ANSI Z94 的划分方法中得到清晰的轮廓,该标准将 IE 划分为如下 17 个分支: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、物料搬运等);⑦材料加工(含工具设计、工艺、自动化);⑧应用数学(含运筹学、统计学等);⑨组织规划与理论;⑩生产规划与控制(含库存管理与运输);⑪实用心理学(含心理学、社会学等);⑫作业测定;⑬人的因素;⑭人体测量;⑮安全;⑯工资管理;⑰职业卫生与医学。工业工程便是综合运用这些学科的技术体系。

国外大都把工业工程列为工程学范畴,这不仅仅是因为它的名称中包含有“工程”二字,更主要的是因为它具有工程学的一般属性,即利用自然科学知识和其他技术对生产系统或其他系统进行观察、实验、分析、研究、设计等。因此,在许多国家的大学里,都在工学院里设工业工程系或专业。学生要学习大量的工程技术和数学方面的课程,培养目标是 IE 工程师。然而它又有别于那种纯技术科学,与管理有着极密切的联系,表现出相当明显的管理特征,因此也有称它为管理技术的。

第二节 工业工程的产生和发展

一、工业工程产生的社会经济背景

美国是工业工程的发源地。1775 年美国爆发独立战争,1861 年开始南北战争。战争促进了军火工业和铁路的发展。1870 年美国发明了互换性生产方式,机械工业有了一个大发展。但是,到 1873 年出现了经济危机。企业竞相引进新技术,开展合理化,提高劳动生产率,以求达到降低成本的目的。泰勒就是在这种情况下开始了他的企业管理的科学研究。泰勒根据当时开展的动作研究和时间研究制定了

操作工人的作业标准和工时定额,在此基础上又制定了有差别的计件工资制度。凡根据作业标准和工时定额完成的作业按较高的工资率计算工资,对不按作业标准和工时定额完成的作业按较低的工资率计算工资。这就是所谓的“泰勒制”。

当时,泰勒制只是在少数大企业里得到采用,因为大企业资金多、熟练工多,可以通过技术改造提高劳动生产率来渡过经济危机,而中小企业资金少,非熟练工多,只有依靠加强管理,所以这种泰勒制当时并没引起注意。直到1910年,由于经济危机,东部各铁路公司竞相提高运费,与用户发生争执,最后双方告到美国最高法院。由于泰勒一派站在用户方,指出铁路公司只要采用科学管理,就可降低运输成本,没有必要提高运费。这一论点引起轰动,从此科学管理这一名词几乎家喻户晓并于1912年成立了科学管理推广协会(泰勒死后改名泰勒协会)。然而不久泰勒的科学管理却遭到了资本家和工会双方的反对。资本家认为泰勒的奖励工资是为工人着想,工会认为泰勒的科学管理是要搞工时定额,是帮助资本家剥削工人,劳资双方都上诉国会。1912年美国国会传讯泰勒,1913年美国总工会代表大会一致决议抵制泰勒的科学管理,甚至不允许使用“科学管理”这个词。1915年美国国会通过法律,禁止在军工厂实行泰勒制,1917年美国国会又把这条法律扩大到政府各部门。

当泰勒的科学管理遇到挫折时,许多在工厂里的工程师却认为泰勒制的确是科学的东西,应该继续推广,于是想到更改名称绕过法律干扰,便取名“工业工程”,并于1917年成立了“工业工程师协会”(这是从“西方效率协会”中分离出来的)。由于会员多为工程师,他们在此后几十年中,既继承了泰勒的管理理论与研究方法,又把工程学中的工程分析、工程设计的原理和技术渗透到工业工程之中,使工业工程具有鲜明的工程学特色。到了1920年美国总工会才正式表示对科学管理的理解和支持。当1929到1934年全美国经济大危机暴发以后,为了渡过危机,美国企业才彻底地采用了泰勒的科学管理,泰

勒制后来逐渐发展成为今天的企业管理或工商管理。这就是工业工程和企业管理的历史渊源。

二、工业工程的早期创始人

工业工程的早期创始人有泰勒、基尔勃里斯夫妇、甘特、埃墨森等人。

泰勒(Frederick Winslow Taylor, 1856~1915)美国工程师和管理学家。出生于费城的一个中产阶级的律师家庭。青年时曾考取哈佛大学法学院,后来弃学做工,到一家水利机械厂当学徒。1878年到一家钢铁公司工作,先后做过普通工、小组长、车间主任、总机械师和总工程师。他在该公司工作十二年,长期从事改进管理如金属切削的实验。经过长期研究和实验,逐步健全了车间管理制度。1895年发表了《计件工资制》一文,其主要论点是:按最佳的操作方案(标准作业法)制定劳动定额;按定额及劳动的质量支付工资;工人与管理者之间要密切合作。1903年又发表了《工厂管理》一文,其主要论点是:良好的管理目标在于提高工资和降低成本;为了达到提高工资和降低成本的目的,必须按科学方法进行研究和试验,以便能制定出控制作业的原则和标准程序,必须把职工安排在各种岗位上,科学地选择材料和工作条件,以便达到工作定额;应该对职工进行培训,以提高他们的技术水平。1911年出版了《科学管理原理》一书,系统地论述了他的管理思想,是科学管理最早的代表著作。泰勒是科学管理的主要倡导人,被称为“科学管理之父”。他的管理思想成为后来新的管理原则和方法的基础,是工业工程和管理科学的奠基人。

基尔勃里斯夫妇(又译为吉尔布雷思夫妇)(Frank Bunker Gilbreth, 1868~1924 & Lilian Moller Gilbreth, 1878~1972)。基尔勃里斯出生于美国波士顿,1885年考入麻省理工学院,后因家境贫困而放弃了学习深造的机会,当了砌砖工人。1895年以营造商身份独立开业。1907年与泰勒相识,是泰勒管理思想的坚决支持者,其夫

人丽莲,祖籍德国,家住美国加利福尼亚州,先后获得加州大学英语语言学学士和硕士学位。后来她为帮助丈夫从事管理科学的研究,改学心理学。1915年获得心理学博士学位。夫妇二人共同研究,硕果累累。基尔勃里斯1924年去世后,其夫人继续从事研究,直至1972年94岁高龄离开人世。她一生经历了工业工程的孕育、诞生、成长和成熟的全过程,她的人格品德与学术建树倍受崇敬,美国工程学界称她为“工程界第一夫人”。基尔勃里斯夫妇对工业工程的突出贡献是动作研究。基尔勃里斯侧重研究工人的操作方法和操作动作,为了准确的记录和分析工人的操作动作,他把动作细分为17种动作要素,设计了记录这些要素的形象符号。他曾模仿拍电影的方法,把工人手上拴个小灯泡,时明时暗,这就可以清楚地摄下手的动作轨迹。他最著名的试验是他17岁时对砌砖工人所做的动作研究,按照老的操作方法,工人每砌一块砖要做17个动作,经他改进之后,一般情况下只需5个动作,结果显著地提高了作业效率,过去一名工人一小时只能砌120块砖,后来提高到一小时砌350块。他夫人的工作则是侧重于管理心理学方面的研究,她认为,传统的管理制度靠惩罚手段鞭策工人,容易限制个性的发展,不利于技术水平的提高,应注重对工人的培训和教育,使工人能全面发展。他们的主要著作是基尔勃里斯写的《动作研究》、《应用动作研究》;丽莲著的《管理心理学》以及他们合著的《疲劳研究》和《时间研究》。

甘特(Henry Laurence Gantt, 1861~1919)出生于美国马里兰州,1880年毕业于约翰·霍普金大学,1887年进米德尔钢铁公司,与泰勒相识共事,是泰勒的亲密合作者。1901年以后从事咨询服务工作,先后在斯蒂文森、哥伦比亚、哈佛、耶鲁等大学作过多次学术讲演。主要著作有:《劳动、工资与利润》、《工业领导》、《工作的组织》等。他在科学管理方面的主要贡献是:①他在1917年首创了《每日平衡图》,这种图纵向表示工作任务(产量或工作量),横向表示时间进度。此图问世后广为传播成为管理者控制生产状况、比较实际成绩和计

划目标之间的变数的最简单又极为科学的工具,学术界认为是划时代的创举。后人将此图称做《甘特图》,40年后诞生的 PERT(计划评审法)和 CPM(关键路线法)是在继承甘特图的基础上创新的。甘特图又是现代网络技术的前驱。②提出了“劳动报酬奖励制”的理论,他主张除按日支付有保证的工资外,完成定额后超过部分还可以得到奖金。③主张管理者有责任教育工人,使之养成勤奋合作的习惯并增进工人与管理者之间的相互了解。他认为,在管理诸因素中人是最重要的因素。④他主张企业要把工作的重点放在服务上,不应该以盈利而应该以服务作为企业的最终目标。

埃墨森(Harrington Emerson 1853~1931)是泰勒科学管理理论的积极支持者,美国工业工程学的先驱者之一,1911年美国工程杂志公司出版了埃墨森的专著《效率是经营和工资的基础》,他提出了一种按工作效率高低来确定奖金多寡的工资制度。其要点是:对生产的各方面用科学方法定出工作标准;工人的报酬随工作效率的提高而逐渐增加。这种方法被称为:埃墨森奖励工资制”。1913年埃墨森又把效率思想扩展并发表了《12项效率原则》一书。这12条原则是:①明确地确定目标;②常识;③同劳动者进行切实的商谈;④训练;⑤公正合理的分配;⑥记录和保持记录;⑦实施作业命令;⑧作业时间标准化和制定作业日程计划;⑨作业条件标准化;⑩作业的标准化;⑪公布标准和实施记录;⑫对超过标准定额的作业人员增加报酬。

工业工程的前驱者们,有的从研究动作入手、有的从研究时间入手、有的从研究工资问题入手,最终都归结为一个目的——提高效率,这是他们的一个共同之点。此外,在他们的科学管理理论与具体方法中,标准化始终占有重要地位。尤其是泰勒和埃墨森都主张对工人的每个工序的操作,通过科学分析,使之合理化,然后确定标准操作法,在此基础上通过时间研究,制定出该项作业的标准时间以及生产定额。与此同时,还要将生产中所用机器设备、工具物料以及环境

条件都加以标准化。从 1910 年到 1940 年这一段时间……一个突出的事情就是标准化的建立。无论是劳动定额、工时定额,还是作业计划,以至成本核算等等,最后都是通过标准化加以保证。在美国的企业里,事事都要标准化,标准就是法律,人人必须遵守,这种观念在这个时期牢固树立在企业职工的头脑里,而制定标准的工作,他们是当做一门科学来进行、来研究的。在科学管理和工业工程的创建过程中,标准化得到了充分的发展,不仅有了大量的技术标准,而且产生了一系列管理标准和工作标准,有效地保证了科学管理法的实施。工业工程的先驱者开创了企业标准化把企业标准化和企业的科学管理融为一体,从而把标准化推向一个新的里程碑。

三、工业工程在国外的发展和应用

工业工程的发展历程,大体上可划分为互相衔接的三个阶段。

第一阶段:传统 IE 或经典 IE 形成的阶段。大约是本世纪 20 年代后期到 40 年代中期。这段时间里,工业工程继承并发展了泰勒科学管理的理论与方法,建立了自己独立的学科体系和特有的研究分析技术,工业工程师也逐渐地从管理职能中分离出来,像其他专业工程一样得以独立发展。由于它切合当时经济发展实际,能有效地解决企业现场管理的问题并显著地提高作业效率,因而受到普遍的重视。

第二阶段:IE 与 OR(运筹学)结合的阶段。大约是 40 年代中期到 70 年代中期。传统 IE 虽然取得了较好成效,但由于它的理论尚不系统,方法和技术也大都是一个个孤立分散的。它在处理工业企业中的单个工程、单个车间或生产线这样较小系统的问题时,还可以发挥出作用,但对较大的复杂系统就比较困难了。40 年代中期英美两国发表了第二次世界大战时研究出来的运筹学(OR)成果的保密资料,立刻受到 IE 工作者的注意,并将 OR 应用于 IE 活动中,取得了成效,人们普遍认为可以把 OR 做为 IE 的理论基础。引进 OR 之后,IE 技术中又有了数学规划、优化理论、排队论、存贮论、博弈论等新理论