

工业工程专业试用教材

基础工业工程(IE)

范中志 张树武 孙义敏 编

机械工业出版社

(京) 新登字 054 号

本书着重介绍了基础工业工程 (IE) 的管理方法。系统地阐述了国内外在这一领域的理论和实践经验, 并收集了大量的有关资料和实例, 便于自学。

本书的主要内容: 包括工业工程概论及其发展、工业工程的应用、生产率概述; 方法研究及其概述、程序分析、操作分析、动作分析; 作业测定及其概述、时间研究和标准时间的制定、工作抽样、预定时间标准 (PTS)、标准资料法; 现场管理优化 (“5S” 活动与定置管理、目视管理)。

本书可供大学工业工程 (管理工程) 本科及工科大学其它专业学生作为教材或参考书, 亦可作为工矿企业、研究机构、科技和管理人员实施基础工业工程的指导书。

基础工业工程 (IE)

范中志 张树武 孙义敏 编

责任编辑: 高文龙 王世刚 特约编辑: 王之宁

封面设计: 汪德海

*

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)

北京小红门印刷厂

机械工业出版社发行

*

开本 787×1092 1/16 • 印张 19 • 字数 374 千字

1993 年 8 月北京第 1 版 • 1993 年 8 月北京第 1 次印刷

印数 00 001—5 000 定价: 16.70 元

*

ISBN 7-111-03950-5/F • 518(X)

出版前言

高等教育自学考试教材是高等教育自学考试工作的一项基本建设。经国家教育委员会同意,我们拟有计划、有步骤地组织编写一些高等教育自学考试教材,以满足社会自学和适应考试的需要。《基础工业工程(IE)》是为高等教育自学考试工业工程专业组编的一套教材中的一种。这本教材根据专业考试计划,从造就和选拔人才的需要出发,按照全国颁布的《基础工业工程自学考试大纲》的要求,结合自学考试的特点,组织高等院校一些专家学者集体编写而成的。

工业工程专业《基础工业工程(IE)》自学考试教材,是供个人自学、社会助学和国家考试使用的。现经组织专家审定同意予以出版发行。我们相信,随着高教自学考试教材的陆续出版,必将对我国高等教育事业的发展,保证自学考试的质量起到积极的促进作用。

编写高等教育自学考试教材是一种新的尝试,希望得到社会各方面的关怀和支持,使它在使用中不断提高和日臻完善。

全国高等教育自学考试指导委员会

1993年 7 月

编者的话

本书是高等教育自学考试工业工程(IE)专业本科段基础工业工程课程的试用教材,也是机械工程师进修学院工业工程(IE)专业继续教育用教材。本教材根据全国高等教育自学考试指导委员会颁布的本课程自学考试大纲,通过全国考委机械类专业委员会编审,机械工程师进修学院配合组织编写。

自工业革命以来,工业工程(IE)不断改进、完善、发展,已成为提高企业生产率的有效工具,为世界各发达国家的企业所广泛应用。

《基础工业工程》是工业工程专业的专业课,其内容包括工业工程概论、方法研究、作业测定及现场管理优化。工业工程概论主要介绍工业工程学科定义、发展简史、发展趋势、学科范畴、性质与特点、目标、意识、常用方法及应用领域,生产率概念、生产率管理及测定方法等内容,旨在使学生建立工业工程总体概念,认识工业工程学科特点和目标,树立工业工程意识。工作研究(方法研究、作业测定)是工业工程中最重要基础技术。工作研究采用方法研究及作业测定技术,找出经济合理的工作方法和最适宜的工作时间,帮助企业挖掘潜力,消除人力、物力、时间方面的浪费,在需要很少投资或不需要投资的情况下,可以使企业的生产率显著提高,从而提高企业的经济效益和增强竞争力,并且为其它工业工程技术的有效实施奠定基础。因此,各国企业都把工作研究作为提高生产率的首选技术。现场管理优化实际是运用工业工程的方法研究和作业测定技术,对现场的作业方法、作业顺序、作业效率以及影响的各种因素进行分层次、系统地分析和改进。可以说生产现场管理的优化实际上就是全面应用基础工业工程的活动。

自1985年,我国机电行业一些企业在主管部门的组织和指导下推行工作研究(方法研究、作业测定),据10个试点企业统计,一次性投资76万元,而每年增加的净收入2815万元,取得巨大的经济效益。劳动生产率提高16%~18%,改善了生产环境,减轻了工人劳动强度。

又如广州电池厂从1992年5月开始,在该厂二车间推行基础工业工程,取得了三提高、二节约、一降低、一改善的良好效果。从1992年9月开始,在全厂推广应用基础工业工程,到年底取得了直接经济效益200多万元。

为了推广应用基础工业工程,本书除系统地阐述了国内外在这一领域的理论和实践经验外,还在总结国内企业应用基础工业工程(工作研究)的实践经验基础上,介绍国内企业推广应用基础工业工程的方法和步骤,并汇集了国内外企业实施基础工业工程的实例。

本书第一章、第二章、第三章、第十二章由张树武编写;第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十三章由范中志编写;孙义敏参加了第九章及第十二章的编写。全书由范中志主编并统稿。

本书由姜文炳教授主审,参加审稿的还有左志诚、宋春立。机械工程师进修学院彭家杰、刘兴家及该院教材编辑部,为本书的出版做了大量工作,在此一并表示感谢。

鉴于作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1993年2月

目 录

前言

第一篇 工业工程概论

第一章 工业工程及其发展	1	第四节 工业工程应用效果	22
第一节 引言	1	第五节 我国工业工程的应用与发展	23
第二节 工业工程的发展简史	2	复习思考题	25
第三节 工业工程定义、目标和功能	6	第三章 生产率概述	26
第四节 工业工程学科的范畴与性质	8	第一节 生产率及提高生产率的意义	26
第五节 工业工程的特点和意识	9	第二节 生产率管理	28
复习思考题	13	第三节 生产率测定	30
第二章 工业工程的应用	14	第四节 影响生产率的因素	36
第一节 工业工程的常用技术	14	第五节 提高企业生产率的途径	38
第二节 工业工程技术人员	17	复习思考题	41
第三节 企业中的工业工程活动	18		

第二篇 方法研究

第四章 方法研究概述	43	第六章 操作分析	94
第一节 方法研究的定义、目的和特点	43	第一节 操作分析的定义与类型	94
第二节 方法研究的内容	44	第二节 人机操作分析	94
第三节 工作研究的实施程序	46	第三节 联合操作分析	104
复习思考题	49	第四节 双手操作分析	111
第五章 程序分析	50	复习思考题	119
第一节 图表技术	50	第七章 动作分析	121
第二节 工艺程序分析	53	第一节 动作分析的意义、目的与动	
第三节 流程程序分析	58	素	121
第四节 线路图分析	80	第二节 动作经济原则	130
第五节 线图分析	89	第三节 动作改善	148
复习思考题	92	复习思考及练习题	149

第三篇 作业测定

第八章 作业测定概述	150	第二节 时间研究的步骤	159
第一节 作业测定的定义和目的	150	第三节 几种评比方法简介	177
第二节 作业测定的主要方法及应用	152	第四节 标准时间的制定	182
第三节 工时消耗分类及标准时间构成	153	复习思考题	183
复习思考题	158	第十章 工作抽样	184
第九章 时间研究和标准时间的制定	159	第一节 工作抽样概述	184
第一节 概述	159	第二节 工作抽样的原理与方法步骤	186
		复习思考及练习题	210
		第十一章 预定时间标准	211

第一节 预定时间标准的概念、特点和用途.....	211	第十二章 标准资料法	262
第二节 模特法及其应用实例分析.....	213	第一节 标准资料法的概念、特点和形式.....	262
第三节 两种典型预定时间标准的概述.....	242	第二节 标准资料的编制和应用.....	263
复习思考题.....	260	复习思考题.....	271
第四篇 现场管理优化			
第十三章 现场管理优化	272	第三节 定置管理.....	277
第一节 现场管理优化概念和特征.....	272	第四节 目视管理	280
第二节 “5S” 活动.....	275	复习思考题.....	281
附录 工业工程实验指导书	282	参考文献	296

第一篇 工业工程概论

第一章 工业工程及其发展

第一节 引言

现代工业社会中,生产是人类最基本、最重要的一项活动。

生产就是制造产品(有形物的生产),广义的生产还包括提供服务(即无形生产,诸如运输、销售、邮电、通讯等等)。人们只有通过各种类型的生产创造物质和经济财富,才能满足人类生存和发展的日益增长的需要,推动社会前进。

无论哪种生产都是把自然和社会资源(即生产要素,包括作为生产对象的材料、作为生产手段的机器和设施、为生产活动提供劳力的人员以及生产技术、信息等)转变成经济财富(产品和服务),从而增加附加价值的过程。换句话说,生产就是一种转换功能。所以可把它简化为生产要素经过投入、转换(生产过程),而得到产出物的系统,如图1-1所示。

经济学上,用生产率(Productivity)来衡量生产系统的这种转换功能,表示生产要素的使用效率(生产率=产出/投入,其含义详见本书第三章生产率概述)。如果能用较少的资源投入得到更多的产出,则生产率提高了,也就是具有更高的经济效益,可获得更大的利润。因此,生产率成为生产活动中最为人们关心的一个指标。任何企业,事实上都以为社会提供产品和服务,不断追求更高的生产率和利润为目标。

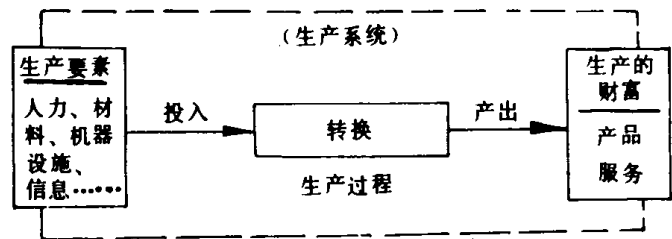


图 1-1 生产的含意

生产率的提高主要取决于生产过程中如何充分有效地发挥生产要素的作用,提高效率。人们为提高生产率所做的努力集中表现为改进生产技术和和管理两个方面,不断发明新技术、新工艺,创造新工具、新机器和科学的管理方法。正如人们常说的,技术和管理是生产和经济发展所依靠的两个轮子。实践证明在工业化生产中,技术和管理只有很好地结合起来才能获得理想的效果。

工业工程(Industrial Engineering,简称IE)就是在人们致力于提高工作效率和生产率,降低成本的实践中产生的一门学科,就是把技术和管理有机地结合起来,去研究如何使生产要素组成生产力更高和更有效运行的系统,是实现提高生产率目标的工程学科。

科学发展与技术进步导致新的生产技术和科学管理原理及方法不断出现,为工业工程的发展和应用创造了条件。工业工程的应用极大地推动了生产发展和经济增长。实现工业化早和经济发达的国家人均国民生产总值已经高达数千乃至一万美元以上,而许多发展中国家人均产值还不足数百美元。这种差别除了历史和物质技术基础等方面的原因外,工业发达国家重视发展和广泛应用工业工程这门提高生产率的技术是一个重要的成功因素。

所以学习和应用工业工程,不仅直接有利于企业自身提高效益和利润,在激烈的市场竞

争环境中求得生存和发展,而且也关系到加快国家经济发展,增强实力,缩小与世界先进水平差距的问题。

第二节 工业工程的发展简史

一、工业工程的起源

人类在从事生产活动的过程中,运用数学、物理学、化学、生物学等基础科学原理,结合在生产实践中所积累的经验而发展的、用于改造自然为人类服务的各种专门知识称为工程学,如土木工程、机械工程、化学工程等。

各种工程学科都是从实践中总结经验而发展起来的,最初阶段都是从解决某些具体问题开始,实际工作者从自己或前人的成功经验中找到解决某个问题的方法,然后加以归纳提炼升华,逐步形成理论。随着研究工作的深入,人们对客观规律认识也逐步深入,科学理论就逐步形成专门学科。工业工程也不例外,也是从实践中总结经验开始的。

工业工程是工业化生产的产物,一般认为是本世纪初起源于美国,并且是从泰勒(F. W. Taylor, 1856~1915)等人创立的科学管理发展起来的。南北战争(1861~1865)以后,美国工业尤其是制造业迅速发展。1900年前后,制造业产值已超过农业。但是,当时的工业生产和今天的方式大不相同,那时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,工人通常所受到的训练也很差,工作方法缺乏科学性和系统性,主要凭经验办事。作业方法的改进一般都来源于工人自己为找到更容易和更简便的方法完成所承担的任务而自发的努力,完全是一种各自分散的个人行动,几乎没有人注意一个工厂或一个工艺过程的改进和总体协调。因而效率低、浪费大。以泰勒为代表的一大批科学管理先驱者为改变这种状况,提高工作效率、降低成本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。

泰勒是一位工程师和效率专家,是“科学管理”的创始人,并且也是一位发明家,一生中获得过一百多项专利。1874年他考取哈佛大学法学院,由于视力不好,而被迫失学,进费城水泵制造公司学徒当模型工。1878年到米德维尔(Midvale)钢铁公司工作,当过普通工人、技工、工长、总技师以及总工程师。这期间,他还上夜校攻读,并于1883年获得史蒂芬工学院机械工程学位。这一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方法,工人缺乏训练,没有正确的操作方法和程序,大大影响了生产效率。他相信通过对工作的分析,总可以找到改进的方法,设计出效率更高的工作程序,并致力于研究。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),改进操作方法,科学地制定劳动定额,采用标准化,极大地提高了效率、降低了成本。例如,1898~1901年在伯利恒(Bethlehem)钢铁公司工作期间,他研究了铲煤和矿砂的工作,通过试验和测定发现,每铲21磅时,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12.5 t增加到48 t,搬运效率提高近4倍。经过这样改进,减少了所需的搬运工人数,使搬运费由每吨8美分降低到4美分。

他提出了一系列科学管理原理和方法,主要著作有:《计件工资》(1895年)、《工场管理》(1903年)以及《科学管理原理》(1911年),这是系统阐述他的研究成果和科学管理思想的代表作,对现代管理发展作出重大贡献,并被公认为工业工程的开端。所以,泰勒在美国管理史上被称作“科学管理之父”,也被称作“工业工程之父”。

吉尔布雷斯 (Frank B. Gilbreth, 1868~1924) 是和泰勒差不多同一时期的另一位工业工程奠基人, 他也是一名工程师, 其夫人是心理学家, 他们的主要贡献是创造了与时间研究密切相关的“动作研究”(Motion Study), 就是对人在从事生产作业中的动作进行分解, 确定基本的动作要素(称为“动素”), 然后科学分析, 建立起省工、省时、效率最高和最满意的操作顺序。例如, 当时按照他的方法培训的砌砖工人平均作业效率由每小时 120 块提高到 350 块。1912 年吉尔布雷斯夫妇进一步改进动作研究方法, 把工人操作时的动作拍成影片, 创造了影片分析法, 对动作进行更细微的研究。1921 年他们又创造了工序图, 为分析和建立良好的作业顺序提供了工具。他们在技能研究、疲劳研究和时间研究等方面也有卓越的成就, 尤其重视研究生产中人的价值、作用及其对工作环境的反应等。

甘特 (Henry L. Gantt) 也是工业工程先驱者之一, 他的重大贡献是发明了著名的“甘特图”(Gantt Chart), 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, 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用于生产计划与控制这一工业工程主要领域。

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做出了贡献, 如 1776 年英国经济学家亚当·史密斯 (Adam Smith) 在其《原富》一书中提出劳动分工概念; 李嘉图 (Ricardo) 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, 应该说都对 IE 先驱者产生过影响, 这里就不一一列举了。

二、工业工程发展历程

工业工程形成和发展演变过程, 实际上就是各种用于提高效率、降低成本的知识、原理和方法产生和应用的历史。

工业工程的发展历程可用图 1-2 所示的 IE 发展年表概括说明。该图横坐标表示在 IE 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, 只表明事件的开始, 而不是结束。例如, “时间研究” 至今仍是 IE 的基本工具。

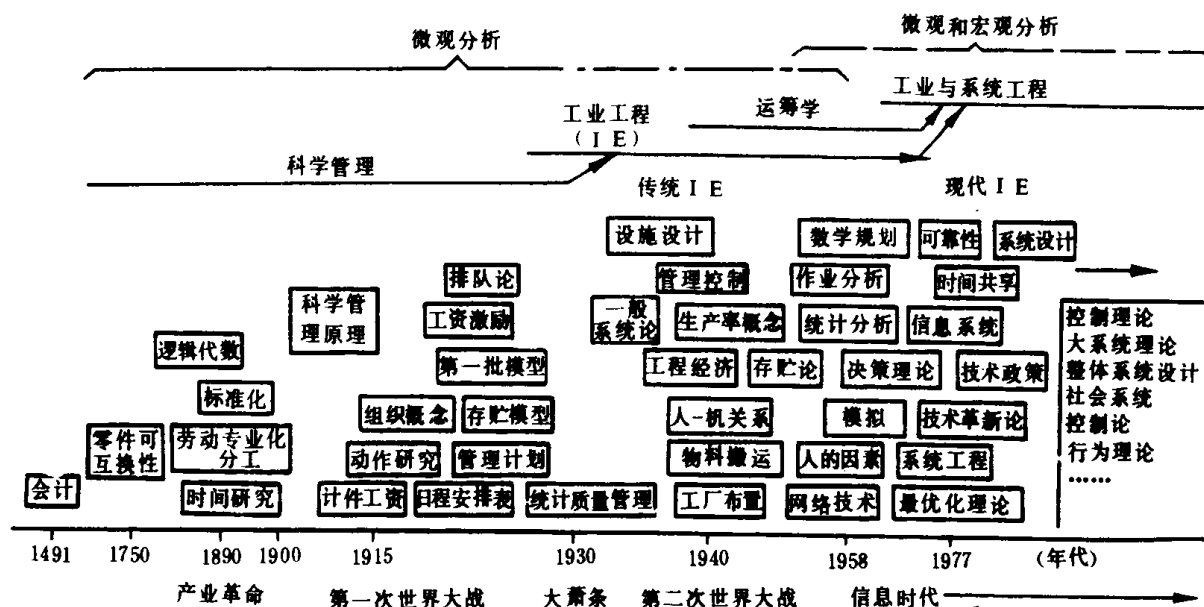


图 1-2 IE 发展年表

从科学管理开始, IE 发展经历了如图上方标明的四个相互交叉的时期, 它突出表明不同时期 IE 的重大发展。

① 科学管理时代(本世纪初~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。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 I E 专业的大学。这时期是在制造业(尤其是机械制造企业)中,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较小范围,建立在经验基础上的研究。1917年,美国成立了工业工程师协会(Society of Industrial Engineers),这是最早的独立 I E 组织,1936年它与“泰勒协会”合并为“管理促进协会”。

② 工业工程时代(20年代后期~现在) I E 作为一门专业正式出现并不断充实内容。继宾州州立大学之后,到30年代美国有更多的大学设立 I E 系或专业;工厂出现了专门从事 I E 的职业;吸收数学和统计学知识,创立了一系列 I E 原理和方法,如休哈特(W. A. Shewhart)博士1924年建立了“统计质量控制”,为 I E 实际应用提供了科学基础,是一项重要发展。还有进度图、库存模型、人的激励、组织理论、工程经济、工厂布置、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,不再只是凭经验的一种艺术。二次世界大战以后, I E 取得实质性进展,表现为以下两个时期的重大变化。

③ 运筹学(Operations Research, OR)发生影响的时期(40年代中期~70年代)是 I E 进入成熟的时期。长期以来, I E 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这一状况。为解决战争中的军事方案选择问题而研究出的 OR 是一个新领域,主要包括数学规划、优化理论、博弈论、排队论、存贮论等理论和方法,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。用于产品和市场决策,可实现降低成本、提高效率的目标。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 I E 得到重大发展, OR 成为 I E 的理论基础。

1948年美国工业工程师学会(American Institute of Industrial Engineers, 简称 AIIE)正式成立(现在已发展成国际性的学术组织,称为 AIIE),并于1955年制定出 I E 的正式定义。50年代是 I E 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 I E 的新时期。到1975年,美国已有 150 所大学提供 I E 教育。

④ 工业与系统工程(System Engineering, SE)时期(70年代~现在和未来)从70年代开始,系统工程原理和方法用于 I E,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。 I E 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服务业及政府部门等各种组织。

总之,工业工程正是由于不断吸收现代科技成就,尤其是计算机科学, 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。不但在美国得到广泛的发展和应用,而且很快向世界其它许多工业化国家传播,如西欧(英国、德国、法国等)、日本、原苏联、澳大利亚和其它一些国家和地区,从50年代前后相继开始采用 I E。70年代中,一些发展中国家,如墨西哥、秘鲁、哥伦比亚等,随着工业化发展,也都开始采用 I E,在大学设置正规 I E 专业。在亚洲,新加坡、韩国和我国的香港、台湾地区,都较早建立 I E 教育并完全采用美国的 I E 体制。印度也于1975年前后开始建立 I E 教育与应用体制。

三、现代工业工程发展趋势

工业工程的发展具有鲜明的时代特征。现代 I E 就是在现代科学技术和生产力条件下研究生产（工作）系统提高生产率和竞争力的学科。由于现代科学技术和生产力高度发展，尤其是高新技术的出现和应用，今天的生产经营环境和条件与过去相比，发生了很大的变化，主要表现在：①市场需要多样化、变化快，产品生产周期大大缩短，竞争激烈，要求不断开发新产品。②系统、成套产品的服务和市场不断扩大，用户越来越多地需要优质、可靠、系统的服务，如交钥匙工程。③严格保证交货期，提供周到、及时的售后服务。④现代制造技术（如 NC，CNC，CAD/CAM，GT、机器人，FMC、FMS、CAPP、MRP，MRPII、JIT、CIM 等）、组合技术（如机电一体化、光-机-电技术）迅速发展，为高速、高效、高精度和优质生产提供了条件。⑤信息技术的发展为生产经营决策科学化和增强应变能力提供了手段等等。

为了适应这些变化和要求，现代 I E 吸收了越来越多的新学科和高新技术，如信息科学和自动化技术，模拟技术和优化理论等（见图 1-2 右边部分）。

现代工业工程的发展具有如下几个显著特征：

1. 研究对象和应用范围扩大到系统整体

I E 发展史表明，在泰勒时代，主要研究各个作业和改进现场管理；传统 I E 主要研究生产过程，仍属于微观范畴；而现代 I E 则扩展到包括研究开发、设计和销售服务在内的广义生产系统，并进而延伸到整个经营管理系统，已成为研究微观和宏观系统，追求系统整体优化和综合效益的工具。

2. 采用计算机和管理信息系统（MIS）为支撑条件

如前所述，产品生命周期缩短，市场竞争激烈，现代生产必须适应瞬息万变的市场需求。所以，现代 I E 以能够高速处理数据的计算机为手段，在生产系统设计中建立完善的信息网络，因而能够做到信息传递迅速，反馈及时。这是在现代生产环境和市场条件下，提高生产率必不可少的条件和手段。因此，有的学者指出：“在泰勒时代，我们把产品生产看作原材料的一系列物理转换；而现在我们则进入了这样一个时代，产品生产是由一系列信息变换完成的。”

3. 重点转向集成（或综合）制造（Integrated Manufacturing，简称 IM）

随着计算科学和自动化技术（含机器人）等高新技术迅速发展，传统的生产系统结构正经历着根本性的变革，出现了单元制造（即能完成一组加工任务的制造单元）、计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）、柔性制造单元和系统（FMC、FMS）、自动库存和取货系统（AS/RS）以及整个生产过程的计算机集成制造（CIM）等。研究在这种新的环境中如何处理资源（主要是人、物料、设备、信息）协调、控制的一系列问题，因而产生了象制造资源计划（MRPII）和准时制（JIT）那样的新的管理技术。现在处于 I E 前沿的就是这些新技术的应用。一些工业发达国家竞相推行 I E 新技术，获得很大成功，从而把 I E 这门提高生产率的技术推进到一个新的水平和深度。

4. 突出研究生产率和质量

提高生产率和质量永远是工业工程追求的目标，随着生产技术、组织和环境发生变化，现代 I E 针对采用现代制造技术，出现新的生产组织和环境，把提高生产率、保证质量放在突出位置，研究生产率理论、测定方法及相关的问题。例如，现代制造系统的质量与可靠性保证；生产率与柔性制造；在物料需求计划（MRP）和准时制（JIT）生产环境中的生产率

问题等等。目的是如何更好地应用先进生产技术,发展现代制造系统,不断提高生产率和质量。

5. 探索有关新理论,发展新方法

为适应上述发展变化的要求,现代 I E 必须研究生产要素之间的新规律,为创造新的 I E 技术寻求理论依据。其中最重要的是人和其它管理资源之间的关系,要解决在高效率设施条件下,人的适应性和提高生产率的问题。例如,其中一个重要课题是研究在复杂的计算机控制的多机器环境中人的心理和生理因素,需要测定各种数据,寻求相应的人-机关系原理,为设计高度自动化的系统提供依据。所以,工效学(Ergonomics)的研究正在深入发展。据预测,工业工程的下一个主要发展领域可能是生物学和生命科学的应用。

在生产技术方面,除上述集成制造外,现代 I E 研究的另一个重点是采用同步工程(Simultaneous engineering)或并行工程(Concurrent engineering),它是一种新的管理思想和方法,即以用户需求为目标,使生产从研究开发到设计、制造(生产)、销售等各阶段协调配合,各类人员早期介入前期活动,同时进行有关工作(如在设计阶段即做生产准备),缩短研制时间,提高效率,降低成本。

总之,由于 I E 的跨学科性质和应用的广泛性,随着现代科学和技术的高度进展,社会生产日新月异,现代 I E 在多方面取得巨大发展,并且这种趋势将继续下去。

第三节 工业工程定义、目标和功能

一、工业工程的定义

工业工程的发展迄今将近一个世纪了。由于它涉及范围广泛,内容不断充实和深化,所以,在其形成和发展的过程中,不同时期、不同国家、不同组织和学者下过许多定义。在各种 I E 定义中,最具有权威性和今天仍被广泛采用的是美国工业工程师学会(AIIE)于1955年正式提出、后经修订的定义,表述如下:

“工业工程是对人员、物料、设备、能源和信息[⊖]所组成的集成系统,进行设计、改善和设置的一门学科。它综合运用数学、物理学和社会科学方面的专门知识和技术,以及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 I E 实际是一门方法学,它告诉人们,为把人员、物资和设施组成有效的系统,需要运用哪些知识,采用什么方法去研究问题以及如何解决问题。

二、工业工程的目标

任何一门工程学科都有其特定的对象和目标,机械工程的目标是研究设计各种优质、高效的机器和车辆等机械性质的系统;电气工程的目标是设计电气装置等;化学工程的目标是研究开发新型化工产品(如塑料)和流程;建筑工程设计各种建筑物(如房屋和桥梁)……,工业工程的目标是什么呢?

《美国大百科全书》(1982年版)对 I E 的解释是:“工业工程是对一个组织中人、物料和

⊖ “能源和信息”是AIIE后来修订时增加的。

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、利润率和效率。

著名的工业工程专家P·希克斯（Philip E. Hicks）博士指出：“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。”

上述定义和解释表明，工业工程的目标就是使生产系统投入的要素得到有效利用，降低成本，保证质量和安全、提高生产率，获得最佳效益。具体地讲，就是通过研究、分析和评估，对人机系统的每个组成部分都进行设计（包括再设计即改善），再将各个组成部分恰当地综合起来，设计出系统整体，以实现生产要素合理配置，优化运行，保证以低成本、低消耗、安全、优质、准时、高效地完成生产任务（机器制造、桥梁建设、化工生产……），从而达到上述目标。

三、工业工程的功能

如IE定义所表明的IE的基本功能是：“研究人员、物料、设备、能源、信息所组成的集成系统，进行设计、改善和设置”。针对一个企业这样的系统，IE的功能具体表现为规划、设计、评价和创新等四个方面，如图1-3所示，并列举了各类专业活动。

1. 规划

确定一个组织在未来一定时期内从事生产所应采取的特定行动的预备活动，包括总体目标、方针政策、战略和战术的制定，也包括分期（短期、中期、长期）实施计划的制定。它是协调资源利用，以获得最佳效用的重要工具。IE从事的规划侧重于技术发展规划。

2. 设计

实现某一既定目标而创建具体实施系统的前期工作，包括技术准则、规范、标准的拟订，

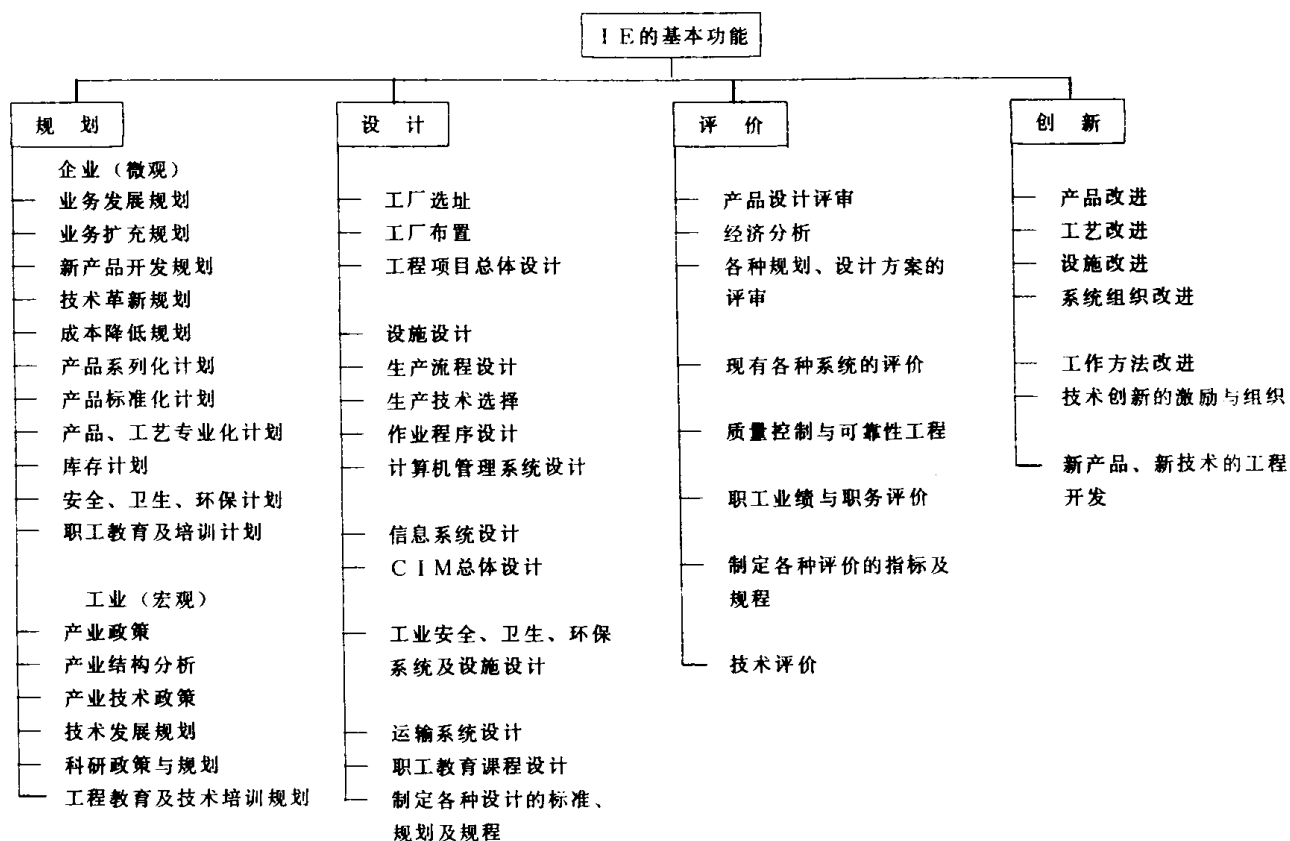


图 1-3 IE 的基本功能

最优方案选择和蓝图绘制。IE的设计不同于一般的机器设计,而是侧重于工程系统设计,包括系统总体设计和部分设计;概念设计和具体工程项目设计等。

3. 评价

对现存的各种系统、各种规划和计划方案以及个人与组织的业绩作出是否符合既定目标或准则的评审与鉴定活动,包括各种评价指标和规程的制订及评价工作的实施。IE评价是为高层管理者的决策提供科学依据、避免决策失误的重要手段。

4. 创新

对现存各种系统的改进和提出崭新的、富于创造性和建设性见解的活动。任何一个系统,不论是一种产品、一条生产线、一个企业,还是一个产业部门,都将随着时间推移而耗损、老化,乃至失效衰亡,只有通过创新使其获得新的生命力。所以,创新是系统维护和发展的的重要途径。

第四节 工业工程学科的范畴与性质

一、工业工程学科的范畴

对于IE学科范畴,有多种不同表述方法。迄今为止,较正规和有代表性的是美国国家标准ANSI-Z94(1982年修订版),从学科角度把IE知识领域划分为17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、工作评价、人事实务等)。⑫方法研究和作业测定。*⑬人的因素。*⑭工资管理。*⑮人体测量。*⑯安全。*⑰职业卫生与医学。

(注:打“*”号者是1982年修订时增加的,前12类是1972年首次公布Z94标准时确定的。)

还有其它一些分类方法,例如,日本从应用的角度把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、能力开发等等。

二、工业工程学科的性质

按学科分类,国外一般把IE划入工程学范畴,这是因为IE具有鲜明的工程属性。和所有其它工程学科一样,IE具有利用自然科学知识和其它技术进行观察、实验、研究、设计等功能和属性。

IE的首要任务是生产系统的设计,这和机械工程中的机器设计性质是一样的,所不同的是生产系统设计是更大和更复杂的设计,有系统总体的设计,如设施规划与设计,也有子系统设计,如物流系统、人机系统设计、工作站设计等等,这都是典型的工程活动。为了上述目的,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。

IE是一门工程学科。在一些国家的大学里,IE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

且还包括社会科学及经济管理知识的应用。所以,IE是一门边缘学科。由于IE起源于科学管理,为管理提供方法和依据,具有管理特征,常被当做管理技术。

三、工业工程与相关学科的关系

管理科学、运筹学、系统工程和工效学等学科是IE的基础和相关学科,与IE有很多共同点,目标都是使管理优化,资源得到有效利用,取得最佳效果。但是,它们涉及的范围、研究方式和侧重点不同。因此,认识IE与相关学科的联系和区别,对于更好地学习和掌握IE是很必要的。这里主要讨论IE与管理、与系统工程的关系。

1. IE与管理

前面提到IE常被当做管理技术,但它并不等于“管理(工业管理、企业管理)”,它是研究管理方法和手段,为管理提供技术和决策依据,是一种工程活动。而“管理”是指“利用物质和人力资源去实现预定目标的过程,它包括计划、组织、指挥、协调和控制等活动”。例如,企业管理就是对企业生产经营活动进行计划、组织、指挥、协调和控制等一系列管理活动的总称,包括组织管理、技术管理、生产管理、财务管理等,所用的知识主要包括经营管理学、决策学、组织行为学、市场学、会计学、战略规划以及金融、贸易、法律等等。它与IE的主要区别在于不是对生产系统进行研究、分析、设计和改进等工程活动,而是偏重于对各部门(也包括IE部门)及整个企业的决策和指挥,进行协调和组织等行政职能。

2. IE与系统工程(SE)

现代IE与SE功能十分相似,国外有的大学把IE系改名为I&SE(工业系统工程),但两者也是有区别的。我国著名科学家钱学森指出,“系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造和使用的科学方法,是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法。”其实质是对系统进行分析、综合、模拟、最优化的原理和方法,适用于一切系统(包括物质的和非物质的),如自然系统、社会经济系统、经营管理系统……,而不仅限于某种特定的工程物质对象。

IE则不同,它主要是以各种生产系统为研究对象,将各种生产要素组成有效运行的系统而进行设计、改善和控制,可以说是SE在生产系统上的具体应用。尽管现代IE的应用范围已扩大到许多别的领域,但生产仍是其主要对象。所以,系统工程是现代IE的技术基础和方法学,两者是各有独自任务的交叉学科。

至于IE与运筹学(OR)、工效学等学科的相同点与区别,留给读者根据所学知识进行分析讨论。由于IE本来就是一个涉及面很广的跨学科领域,所以,不必要也不可能将它与相关学科之间划一条清晰的界线。

第五节 工业工程的特点和意识

一、工业工程的特点

IE是实践性很强的应用学科,国外IE应用与发展情况表明,各国都根据自己的国情(如社会文化传统、技术与管理的体制和水平等)形成富有自己特色的IE体系,甚至名称也不尽相同。例如,日本从美国引进IE,经过半个多世纪发展,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,其本质是一致的。所以,我们弄清IE的本质,对于建立符合我国国情的IE学科体系具有重要意义。

综合分析IE的定义、内容(范畴)和目标,反映现代IE本质的基本特点,可概括为

以下几个方面:

1. IE的核心是降低成本、提高质量和生产率

如前所述,“IE的目的是提高生产率、利润率和效率”。因此,可以说IE实质上是一门提高生产率的学问。《工业工程手册》指出,如果要用一句话来表明工业工程师的抱负的话,那就是提高生产率。换句话说,提高生产率是IE的出发点和最终目标,是工业工程师的第一使命。

IE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。由于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,不仅要降低成本,还要提高质量,它们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实质的一个重要特点。

2. IE是综合性的应用知识体系

IE的定义和内容清楚地表明,IE是一个包括多种学科知识和技术的庞大体系,因此,人们很容易产生这样的疑惑,究竟什么是IE?这个问题恰好需要通过IE的综合性和整体性来回答。

知识范围大是IE的一个明显特点,然而,这只是其外在特征,它的本质还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的使用效果,尤其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。

一个企业要提高其经济效益,必须运用IE全面研究、解决生产和经营中的各种问题,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地运用,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、工具和程序,而且要提高软件水平,即改善各种管理与控制,使人和其它各种要素(技术、机器、信息等)有机地协调,使硬件部分发挥出最佳效用。所以,简单地说,IE实际是把技术与管理有机地结合起来的学科。

3. 注重人的因素是IE区别于其它工程学科的特点之一

生产系统的各组成要素之中,人是最活跃的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它要素之间的关系和相互作用,以人为中心进行设计。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,包括人机关系、环境对人的影响(生理和心理等方面)、人的工作主动性、积极性和创造性、激励方法等,寻求合理配置人和其它因素,建立适合人的生理和心理特点的机器和环境系统,使人能够充分发挥能动作用;达到在生产过程中提高效率,安全、健康、舒适地工作,并能最好地发挥各生产要素的作用。

4. IE的重点是面向微观管理

为了达到减少浪费、降低成本的目的,IE重点面向微观管理,解决各环节管理问题,从

制定作业标准和劳动定额、现场管理优化直至各职能部门之间的协调和管理改善,都需要IE发挥作用。

以一个企业为例,其生产经营系统如图1-4所示,通常分为经营决策、生产(制造)、市场营销三级,狭义IE主要面向生产过程(所追求的目标见图中所示)。然而,现代IE(广义IE)已向经营级扩展,因为要提高整个企业系统的综合效益,不仅取决于生产过程的改善和效率的提高,而且在很大程度上取决于决策科学化,用IE原则和方法对整个生产经营活动进行预测、评价和规划。现在,企业由生产型转变为经营型;由以产品为核心转变为以效益为中心,尤其需要从系统整体优化出发来研究问题。

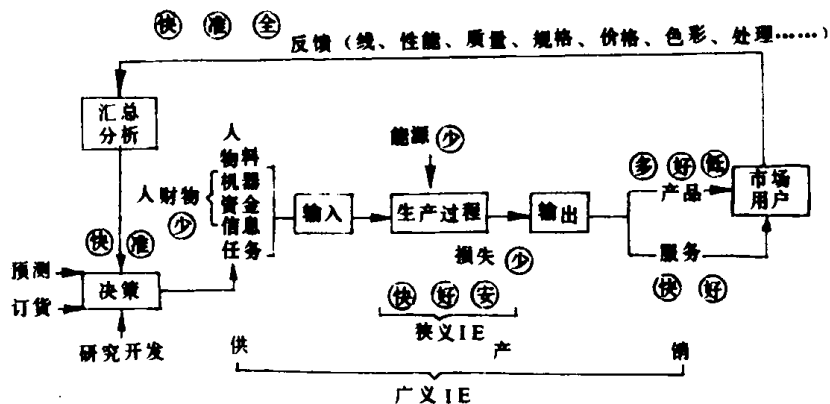


图 1-4 企业生产经营系统
圆圈中文字表示对该环节追求的目标

5. IE是系统优化技术

IE所强调的优化是系统整体的优化,不单是某个生产要素(人、物料、设备……)或某个局部(工序、生产线、车间……)的优化,后者是以前者为前提的优化,并为前者服务,最终追求的是系统整体效益最佳(少投入、多产出)。所以,IE从提高系统总生产率(含义见第三章)的目标出发,对各种生产资源和环节作具体的研究、统筹分析、合理的配置;对各种方案作定量化的分析比较,寻求最佳的设计和改善方案,这样才能充分发挥各要素和各子系统的功能,协调有效地运行。

系统的运行是一个动态过程,具有各种随机因素。社会的前进及市场竞争日趋激烈,对各种生产都提出了越来越高的要求,需要进一步提高生产率;而科学技术的高度发展也为IE提供了更多的知识和方法,去实现这个目标。所以,生产系统的优化不是一次性的,IE追求的也不是一时的优化,而是经常地研究系统的优化,对系统进行革新、改造和提高,使之不断在新的条件下实现优化,永远获得更高的综合效益。

从不同角度来,还可以列举出IE的某些其它特点,但是上述几个方面是反映出IE实质的基本特点。

二、工业工程意识

“意识”是人对客观物质世界的反映,是社会实践的产物,同时,又对物质世界有积极的反作用。所谓IE意识就是IE实践的产物,是对IE应用有指导作用的思想方法。主要包括以下几个方面:

1. 成本和效率意识

IE追求最佳整体效益(即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,力求节约、杜绝浪费,寻求以成本更低、效率更