

本教材主要讲述工业工程概论、工业工程的应用与发展、生产率概述、工业研究与方法研究概述、程序分析、操作分析、动作分析、作业测定概述、时间研究、工作抽样、预定时间标准、标准资料法、价值流图析等。

图书在版编目 (CIP) 数据

生产系统现场工作研究/白东哲主编. —北京: 机械工业出版社,
2004.2
高等学校工业工程专业试用教材
ISBN 7-111-13958-5

I. 生… II. 白… III. 工业工程—工业企业管理
生产管理—高等学校—教材 IV. F406.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 007939 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: 朱 华
封面设计: 陈 沛 责任印制: 李 妍
北京蓝海印刷有限公司印刷 • 新华书店北京发行所发行
2004 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16 • 17 印张•421 千字
定价: 25.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

第一章 工业工程概论

第一节 概 述

现代工业社会离不开生产。一般认为,生产就是制造产品(有形物的生产),但广义的生产还包括各种服务活动(即无形生产,诸如运输、销售、邮电、通信等)。人们只有通过各种类型的生产创造物质和精神财富,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。所以,生产是人类最基本、最重要的一项活动。

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、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。换言之,生产就是一种转换功能,所以,我们可以把它简化为生产要素投入转换过程(生产过程)而得到产出物的一个投入——产出系统,如图 1-1 所示。

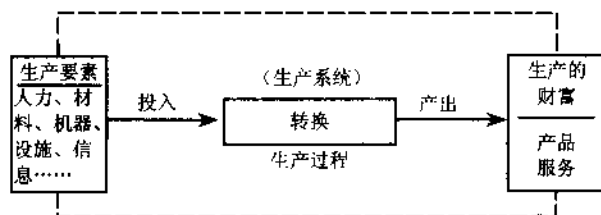


图 1-1 生产的含义

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)。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。

显然,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,制造新工具、新机器和采用科学的管理方法。正如人们所说,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)是本世纪初产生的一门技术与管理相结合的工程学科,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,就是把技术与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。它既是一门实践性、实用性很强的工程技术,又是

一门具有明显管理特征的现代管理技术。

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。实现工业化早的经济发达国家人均国民生产总值已经高达数千乃至一万美元以上,而许多发展中国家的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 工业工程发展简史

一、工业工程的起源

工业工程最早起源于美国,19世纪末20世纪初,美国工业急速发展,工厂由家庭小作坊向社会大生产转化,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指导,工人作业通常很少受到训练,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各自自发、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,主要是凭经验办事,很少有人注意一个工厂或一个工艺过程的总体协调和改进,因而效率低、浪费大。以泰勒(F. W. Taylor, 1856—1915)和吉尔布雷斯(Frank. B. Gilbreth, 1868—1924)为代表的一大批工程管理先驱者,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,开创了科学管理和有效作业方法,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,他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,他当过普通工人、技工、工长、总技师、总工程师,并通过上夜校获得史蒂芬理工学院机械工程学士学位。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)钢铁公司咨询期间,他研究了铲煤和矿砂的工作,通过试验和测定发现,每铲21Lb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48t,搬运效率提高近4倍。经过这样的改进,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的管理方法,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,对现代管理发展做出了重大贡献,并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作“科学管理之父”,也被称作“工业工程之父”。

吉尔布雷斯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,其夫人是一位心理学家。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。典型的例子是对建筑工人的砌砖过程进行动作研究,通过给砌砖工人拍摄操作照片,分析出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18个动作简化到只需5个动作(在简单作业场合只需两个动作),使砌砖效率由过去的每小时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,限于篇幅,就不追朔更远了。

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,工业工程技术随着社会和科学技术的发展不断地充实新的内容。

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。

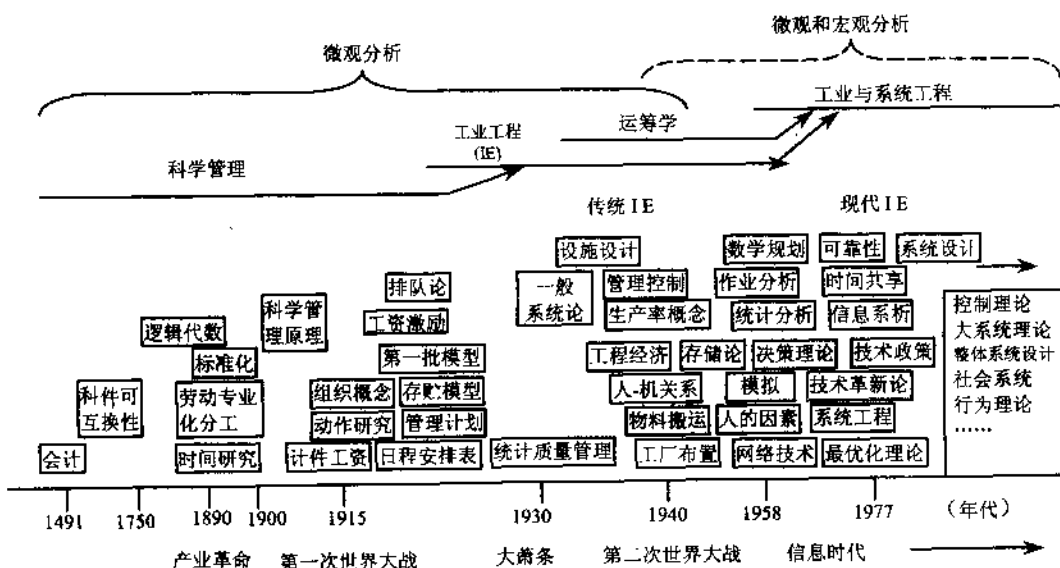


图 1-2 IE 发展年表

从科学管理开始, IE 发展经历了如图 1-2 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。

(一) 科学管理时代 (20 世纪初至 20 世纪 30 年代中期)

这是 IE 萌芽和奠基的时期, 是以劳动专业化分工、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 IE 的大学。这个时期是在制造业 (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 IE 组织, 1936 年它与“泰勒协会”合并为“管理促进协会”。

(二) 工业工程时代 (20 世纪 20 年代后期至现在)

这个年代又分为三个阶段, 这三个阶段的发展特点分别是:

1. 传统的 IE (20 世纪 20 年代后期至 40 年代中期)

它是泰勒的科学管理原理和吉尔布雷斯的方法研究 (或叫动作研究) 的继承和发展。如休哈特 (W. A. Shewhart) 博士 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、库存模型、人的激励、组织理论、工程经济、工厂布置、物料搬运等方法的生产和应用, 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 1908 年美国宾夕法尼亚州立大学首次开设工业工程课程, 设立 IE 专业之后, 到 20 世纪 30 年代美国有更多的大学设立了 IE 系或专业。

由于这一时期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, 使 IE 不同于管理的概念和职能得到确立, 使之成为一种在技术与管理之间起着桥梁作用的新型工程技术。

2. IE 与运筹学 (Operation Research, OR) 结合 (20 世纪 40 年代中期至 70 年代中期)

IE 进入成熟时期。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。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。用于产品和市场决策, 可实现降低成本、提高效率的目的。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 IE 得到重大发展, OR 成为 IE 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), 并于 1955 年制定出 IE 的正式定义。20 世纪 50 年代是 IE 发展最快的 10 年, 它奠定了较完善的科学基础。经过 20 世纪 60 年代和 70 年代, 其 IE 知识则更加充实, 开始进入现代 IE 的新时期, 到 1975 年, 美国已有 150 所大学提供 IE 教育。

3. IE 与系统工程 (System Engineering, SE) 时期 (20 世纪 70 年代至现在和未来)

20 世纪从 70 年代开始, 系统工程原理和方法用于 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。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行业组织。

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、原苏联、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,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 IE,在大学设置正规 IE 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 IE 教育并完全采用美国的 IE 体制。印度也于 1975 年前后开始建立 IE 教育与应用体制。

三、现代工业工程的发展趋势

工业工程的发展具有鲜明的时代特征。现代 IE 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、成套产品和服务的市场不断扩大,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、MRP II、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。

为了适应这些变化和要求,现代 IE 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

IE 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 IE 主要研究生产过程,仍属于微观范畴;而现代 IE 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,已成为研究微观系统和宏观系统,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 IE 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)

随着计算机科学和自动化技术(含机器人)等高新技术迅速发展,传统的生产系统结构正普遍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。面对生产技术和组织结构的重大发展,IE的重点也相应转移。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,因而产生了像制造资源计划(MRP II)和准时制(JIT)那样的新的管理技术。现在处于IE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IE新技术获得很大成功,从而把IE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IE针对现代制造技术和新的生产组织及环境,把提高生产率、保证质量放在突出位置,研究生产率理论、测定和改进方法,探讨提高生产率、保证质量的有关问题。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IE必须研究生产要素之间的新规律,为创造新的IE技术寻求理论依据。其中最重要的是人和其他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系统环境中人的心理和生理因素,目的是通过实验研究(定量测试),寻求相应的人—机关系原理,为设计高度自动化的系统提供数据。所以人因工程学的研究正在深入发展。此外,据预测,工业工程的下一个重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IE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(如在设计阶段即作生产准备),缩短研制时间,提高效率,降低成本。

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

第三节 工业工程的定义、目标和功能

一、工业工程的定义

工业工程的发展迄今虽已近一个世纪了,但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、不同组织和学者对其下过许多定义。尽管有许多不同的表达方式,但其基本实质是一致的。在各种IE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年提出,后经修订的定义:“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 IE 实际是一门方法学, 它告诉人们, 为把人员、物料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

任何一门学科都有其特定的研究对象和目标。如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受顾客欢迎的电器产品; 化学工程的目标是研究开发新型化工产品 (如塑料) 和流程; 建筑工程的目标是设计各种建筑物 (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 IE 的解释是: “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。”

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, 就是将人、原材料、设备等放到一个立体空间内, 使其统一地、巧妙地、最佳的组合到一起, 进行综合分析, 统一设计, 全面改善, 整体确定, 以实现各种要素合理配置, 优化运行, 以达到低成本、低消耗、安全、优质、准时和高效地完成生产任务, 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, 并列出了各类专业活动。

(一) 规划

规划是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和预备活动, 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。

(二) 设计

设计是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, 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。

(三) 评价

评价是对现存的各种系统、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定及评价工作的实施。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。

(四) 创新

创新是对现存各种系统的改进提出崭新的富于创新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,都将随着时间的推移而耗损、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重要途径。

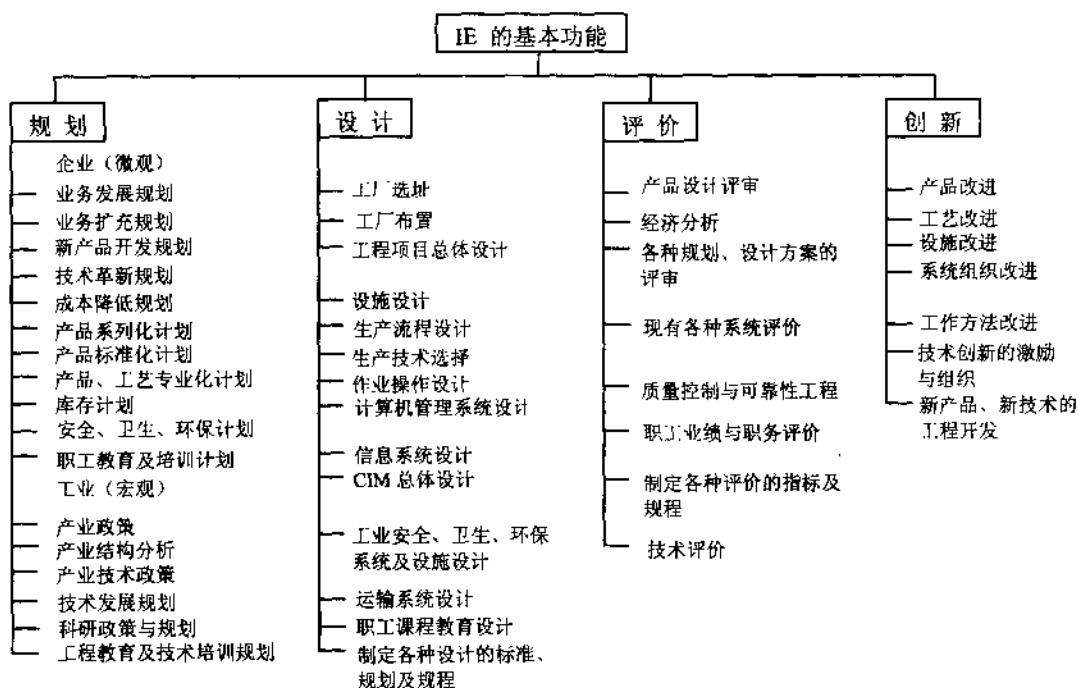


图 1-3 IE 的基本功能

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

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、电机工程、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。工业工程属第五大工程学科。

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：“*”者是指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)。

还有其他一些分类方法，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。

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。

二、工业工程学科的性质

按学科分类而言，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。所谓“工程”是“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进行观察、实验、研究、设计等功能和属性。

首先，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。其次，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。第三，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。

所以，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与管理及系统工程的关系。

（一）IE与管理

可以说，IE与管理的目的是-致的，都是为了把“人力、物资、能源、设备、信息和生产技术组成一个更加有效、更加富于生产力的综合系统。”只是做法不同，可谓殊途同归。

IE运用科学技术知识，采取规划、设计、评价、创新的工程方式；而管理则运用行政、组织、人事、财政、金融、贸易、法律等手段，采取决策、组织、领导、协调、控制等行为。

IE研究如何发挥科学技术的力量，以提高工效；管理则研究如何运用好各种调控手段，以取得最大利益。例如人的因素是IE和管理都十分重视的研究课题，IE用时间和动作研究等科学试验，综合心理学、生物学、人体工程学、医学和美学等科学原理去改进各种劳动设施的设计和工作环境的布置，以减轻人的身心负荷和疲劳来提高人的工效；而管理则研究人的心理活动的行为表现，因势利导，或晓之以理，或感之以情，或施之以利，或绳之以法，

以期规范人的工作行为。

管理工作是周而复始的例行业务，不可一日中断；而 IE 的工作则常以工程项目的形式定期或不定期地进行。

管理与被管理者之间总会产生这样或那样的对立；而 IE 人员是为双方服务的，必须持中立客观的立场。

IE 是沟通管理与生产技术的桥梁，为管理提供决策的科学依据，赋予管理以科学内涵，因而受到管理部门支持。这样才使这两个不同概念和不同职能的事物发生了密切的关系，但二者的概念不可混淆，二者的职能不可等同。

（二）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。

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。

（一）IE 的核心是降低成本、提高质量和生产率

如《美国百科全书》所述，“IE 的目的是提高生产率、利润和效率。”因此，可以说 IE 实质上是一门提高生产率的学问。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 发展史告诉我们，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了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，浪费就越大，反而会降低生产率。所以，不仅要降低成本，还要保证质量，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 实质的重要特点。

（二）IE 是综合性的应用知识体系

IE 的定义和内容已经清楚地表明，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的使用效果，而且尤其取决于各个要素之间、系统的各部分（如各部门、车间）之间的协调配合好坏。

关于 IE 综合性这一实质的认识和理解，早在 1979 年我国著名的机械工程专家、原机械部副部长沈鸿就引用《工业工程手册》中的一张图（工业工程学图解）见图 1-4，作了清楚的说明，他用我们习惯的语言作了言简意赅的解释。

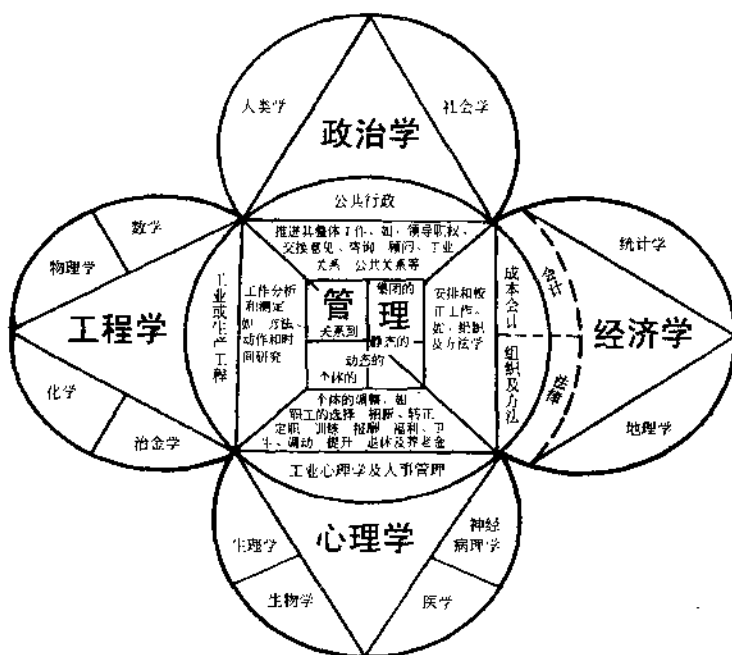


图 1-4 工业工程学图解

此图表明，人们在完成工作的过程中，工业工程学、管理和管理工作所用的其他学科之间的相互关系，是很有参考意义的图。任何一项事业都不是孤立的，而是相互依存、分工与综合、对立统一的。向现代化发展不能不分工，更不能不综合，而且有愈来愈复杂的趋势。人们能认识并能够应用这一客观规律，则可少些盲目，多些自由。

很明显，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）的生产率的提高而有选择地、综合地应用，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做硬件，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,使人和其他要素(技术、机械、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。

(三) 注重人的因素是 IE 区别于其他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关系和相互作用,以人为中心来进行设计。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,包括人一机关系;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,使人能够发挥能动作用,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。

(四) 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,从工作研究、作业分析、动作和微动作分析到研究制定作业标准,确定劳动定额。从各种现场管理优化到各职能部门之间的协调和管理改善等都需要 IE 发挥作用。

以一个企业为例,其生产经营系统如图 1-5 所示。通常分为经营决策、生产(制造)、市场销售三级,狭义 IE 主要面向生产过程(所追求的目标见图 1-5 所示)。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。

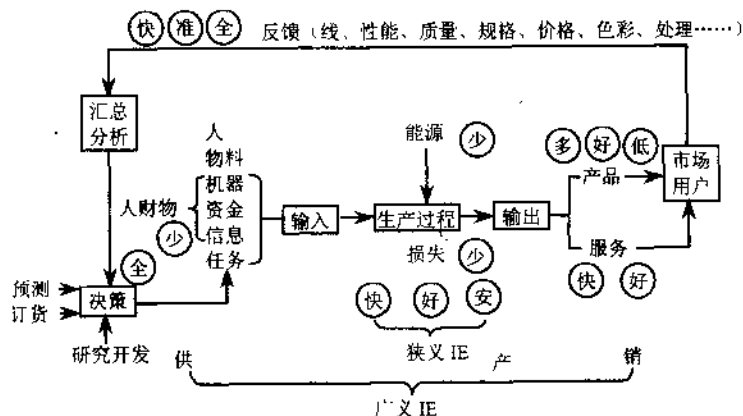


图 1-5 企业生产经营系统

(圆圈中文字表示对该节追求的目标)

(五) 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或某个局部对象的优化,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这一总目标出发,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;对种种方案作量化

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,使之协调有效地运行。

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,对各种产品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。

从不同角度看来,还可以列举出 IE 的某些其他特点,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

我们知道,“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。工业工程的意识主要包括以下几个方面。

(一) 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、效率更高的方式方法去完成。

(二) 问题和改革意识

IE 追求合理性,使各生产要素达到有效地结合,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信念:做任何工作都会找到更好的方法,改善永无止境。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,都可以运用所谓“5W1H”提问技巧来进行研究和改进。

(三) 工作简化和标准化意识

IE 追求高效和优质统一,IE 产生以来,曾推行简单化(Simplification)、专门化(Specialization)和标准化(Standardization),即所谓“3S”,对降低成本、提高效率起到了重要作用。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、小批量为主要方式生产。但是,工作简化和标准化依然是保证高效率和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。

(四) 全局和整体意识

现代 IE 追求系统整体优化。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,并注重应用的综合性和整体性,才能取得良好的效果。

(五) 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,以提高效率。

IE 涉及知识和范围广泛,方法很多,而且发展很快,新的方法不断创造出来。因此,对

于工业工程师来说，掌握方法与技术（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。只有这样，才能使 IE 的应用取得理想的效果，有效地实现 IE 目标。

第二章 工业工程的应用与发展

第一节 工业工程的常用技术

一、工业工程的应用领域和常用技术

(一) IE 应用领域

IE 首先产生并应用于制造业,随着 IE 技术的发展,其应用范围不断扩大。二次世界大战以前,IE 主要应用于制造工业研究生产方法改进,建立良好的生产秩序,确定作业标准,以及制订工资激励计划等。二次世界大战以后,随着 IE 逐渐发展为一门学科,其应用领域扩大到制造业以外的其他领域,尤其是服务业,如建筑业、交通运输、农场管理、航空、银行、医院、超级市场、军事后勤以及政府部门(主要是行业管理与发展规划)等。并且,应用对象是远比过去复杂和庞大的系统,所研究的不仅是某项作业方法或生产线的改进,而且是各种要素的有机协调和整个系统的优化。

(二) 常用技术

美国 G·萨尔文迪主编的《工业工程手册》(1982 年版)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,列出了常用的 32 种方法和技术,见表 2-1。

表 2-1 IE 常用的方法和技术

(1) 方法研究	(17) 计算机编程
(2) 作业测定(直接劳动)	(18) 项目网络技术
(3) 奖励	(19) 计划网络技术
(4) 工厂布置	(20) 办公室工作测定
(5) 表格设计	(21) 动作研究的经济效果
(6) 物料搬运	(22) 项目管理
(7) 信息系统开发	(23) 价值分析
(8) 成本与利润分析	(24) 资源分配网络技术
(9) 作业测定(间接劳动)	(25) 工效学
(10) 物料搬运设备选用	(26) 成组技术(GT)
(11) 组织研究	(27) 事故与可操作性分析
(12) 组织评估	(28) 模拟技术
(13) 办公设备选择	(29) 影片摄制
(14) 管理的开发	(30) 线性规划
(15) 系统分析	(31) 排队论
(16) 库存控制与分析	(32) 投资风险分析

注:以上内容是按应用的普及程度大小次序排列的

同一资料中还反映了通过对香港地区应用 IE 情况的典型调查得到的结果。应用最普遍的是:工厂布置与物料搬运、方法研究、作业测定、工厂设施与制造工程、生产和质量管理等。较常用的还有奖励工资制度、系统分析、预测、价值工程、关键路线法(CPM)和线性规划。

二、制造业中的工业工程

尽管现代 IE 应用极其广泛,但制造业仍然是最主要和有代表性的一个领域。所谓制造业就是生产各种产品的工业。制造工业具有这样的特点,即其生产活动的全部内容包括技术和管理两个方面:①围绕材料加工技术(或通常说的制造技术)研究工艺与设备,这是制造的硬件部分;②关于制造系统,即由人、材料和设备等组成的集成系统的控制和管理,这是制造的软件部分。从这个意义上讲,IE 正是将两者有机结合起来的原理和技术,根据这一特点和要求,制造业中的工业工程常用知识和技术见图 2-1。

(一) 工作研究

工作研究是工业工程体系中最重要、最基础的技术,主要以提高生产率和整体效益为目的。利用方法研究和作业测定(工作衡量)两大技术,分析影响工作效率的各种因素,帮助企业挖潜、革新,消除人力、物力、财力和时间方面的浪费,减轻劳动强度,合理安排作业,用新的工作方法来代替现行的方法,并制定该项工作所需的标准时间,从而提高劳动生产率和经济效益的一门现代化的科学管理技术。

图 2-1 简要说明了实施工作研究的目标和程序,也说明了方法研究与作业测定的相互关系,前者寻求减少工作量,建立更经济的作业方法与标准;后者则旨在制订相应的时间标准,从而为制定科学、合理的定额和生产系统的优化设计与管理提供依据。因此,工作研究的应用不仅直接促使生产率提高,而且也是应用其他 IE 技术,如设施规划与设计、生产计划与控制等的必要基础。

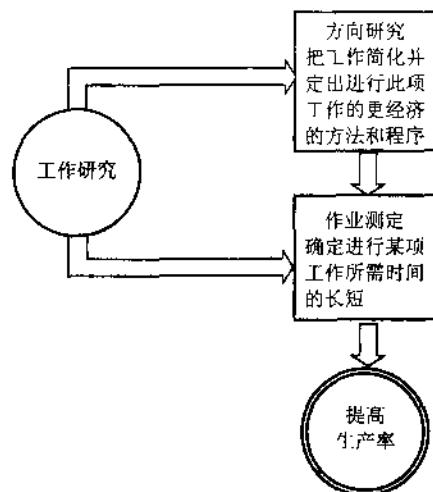


图 2-1 工作研究

(二) 工效学

工效学亦称人类工程学(Human Engineering)或人类因素(Human factors)、人机工程学等,是综合运用生理学、心理学、卫生学、人体测量学、社会学和工程技术等知识,研究生产系统中人、机器和环境之间的相互作用的一门边缘学科,是 IE 的一个重要分支专业基础知识。通过对作业中人体机能、能量消耗、疲劳测定、环境与效率的关系等的研究,在系统设计中,科学地进行工作职务设计、设施与工具设计、工作场地布置、确定合理的操作方法等,使作业人员获得安全、健康、舒适、可靠的作业环境,从而提高工作效率和效果。

(三) 价值工程

价值工程亦称价值分析,也是工业工程师为寻求高效益、低成本方案常用的一种方法。主要用于新产品、新技术开发等过程中,为了有效地改善价值而进行的有组织的活动。就是对产品技术或服务进行“功能”与“成本”对比研究,以达到实现“必要功能”而“成本最低”的目的。通过价值分析,寻求产品设计、材料选择、制造工艺等方面的改进,从而有效地提高生产率。

(四) 工程经济

工程经济是关于工业工程必须应用的经济知识,即投资效益分析与评价的原理和方法。主要是通过对整个生产系统的经济性研究、多种技术方案的成本与利润计算、投资风险分析