

第一篇 工业工程概述

工业工程 (Industrial Engineering, 简称 IE) 起源于 20 世纪初的美国, 它以现代工业化生产为背景, 主要在西方发达国家得到了广泛的应用, 并为促进这些国家 (如美国、日本) 经济的高效和快速发展起到了举足轻重的作用。现代工业工程是以大规模工业生产及社会经济系统为研究对象, 在制造工程学、管理科学和系统工程等学科基础上逐步形成和发展起来的一门交叉的工程学科。它是将人、设备、物料、信息和环境等生产系统要素进行优化配置, 对工业等生产过程进行系统规划与设计、评价与创新, 从而提高工业生产率和社会经济效益专门化的综合技术, 且内容日益广泛。对我国产业界和学术界, 工业工程还是一门新兴的学科, 并已引起了广泛的关注和重视。现代工业工程的基本使命应是适应当代生产经营环境的变化, 迎接新世纪的挑战, 赢得效率、效益并持续发展。

第一章 工业工程的发展和作用

第一节 工业工程的产生与发展过程

在人类从事小农经济和手工业生产的漫长年代里, 人们凭着自己的经验去管理生产。产业革命后, 社会生产力开始得到较大发展。在此背景下, 美国的惠特雷 (E. Whitney) 和英国的史密斯 (A. Smith) 首先于 18 世纪中叶分别提出了“零件互换性”和“劳动专业化分工”的概念; 到 19 世纪 30 年代初, 英国的巴贝奇 (C. W. Babbage) 提出了“时间研究”的概念和“设计与制造一种能够完成某些数学运算的机器”的设想; 随后, 美国的普尔 (H. V. Poor) 为铁路公司等大企业提出了一些诸如组织化、通讯联系和情报资料的管理原则。这些都为生产的标准化、专业化和管理的科学化奠定了基础, 并孕育了工业工程的思想。

19 世纪末到 20 世纪初期开始进入“科学管理时代”和工业工程的创建期。美国工程师泰勒 (F. W. Taylor) 于 1911 年发表的《科学管理原理》一书, 内容涉及制造工艺过程、劳动组织、专业化分工、标准化、工作方法、作业测量、工资激励制度和职能组织等, 是这一时代的代表作和工业工程的经典著作。泰勒还首创了生产现场的时间研究法。从 1910 年前后开始, 美国的吉尔布雷斯夫妇 (Frank. & L. Gilbreth) 从事动作 (方法) 研究和 workflow 研究, 还设定了 17 种动作的基本因素 (动素, Therbligs)。他们为工作与操作方法的改进和后来的预定时间标准创造了科学依据, 提供了基本方法, 至今人们仍在使用。泰勒和吉尔布雷斯是最著名

的工业工程创始人。

从 20 世纪初叶到第二次世界大战前，还有一大批技术及管理专家对工业工程的创立与初步完善和管理科学的发展做出了贡献。如福特（H.Ford 在其创办的底特律汽车公司发明了移动式大规模装配生产线（1913 年）；甘特 H.I.Gantt 进行作业进度规划研究和计件工资制研究，并发明了甘特图（1914 年）法约尔（H.Fayol）提出了工业经营的 6 项职能、管理的 5 种职能和 14 条管理原则（1916 年）；哈里森 F.W.Harris 研究应用经济批量控制库存量的理论（1917 年）；梅奥（G.E.Mayo）主持进行著名的“霍桑（Hawthorne）实验”（1924~1932 年），等等。在此期间，美国宾州州立大学根据泰勒的建议，于 1908 年首次开设了工业工程课程，后来又单独设立工业工程系，开创了工业工程教育的先河。1933 年，美国康奈尔（Cornell）大学授予从事动作研究的学者巴恩斯（R.M.Barnes）第一个工业工程博士学位。1917 年，美国成立了工业工程师协会，从此工业工程在社会上引起重视。在此时期，从事动作研究、时间研究等各种直接提高劳动生产率的工作主要是由懂得工程技术的人去做，并逐步造就了一批将工程技术与管理相结合的工业工程师。

第二次世界大战期间和其后的一段时间内，工作研究（包括时间研究与方法研究）、质量控制、人事评价与选择、工厂布置、生产计划等都已正式成为工业工程的内容；随着制造业的发展，费希（J.Fish）开创了工程经济分析的研究领域；由于战争的需要，运筹学得到了很大的发展。第二次世界大战后由于经济建设和工业生产发展的需要，使得工业工程与运筹学结合起来，并为工业工程提供了更为科学的方法基础，工业工程的技术内容得到了极大的丰富和发展；1948 年，美国工业工程学会成立，它是国际上第一个致力于工业工程专业发展和学术活动的专业性组织。

20 世纪 50~60 年代以来，随着科学技术的高速发展和生产力水平的极大提高，工业工程对复杂的工业和社会生产系统进行量化分析与系统设计的能力大大增强。尤其是系统工程学和电子计算机技术的产生与发展，逐步奠定了工业工程的理论与技术基础，进一步推动了它的发展和广泛应用，使工业工程成为一门更加成熟的学科。研究对象的复杂化和应用领域的扩大、与计算机技术和系统工程的紧密结合、开发与应用的国际化和推进模式的多样化等，均是现代工业工程的显著标志。

进入 80 年代，国际上工业工程的开发与应用已相当广泛，收效甚佳。在美国，目前工业工程已是工程界十大支柱学科之一。不仅在制造企业中普遍设有工业工程部门和工业工程师岗位，而且在社会上设有名目繁多的咨询、科研机构，为各行各业效率的提高、管理系统的改造、人事评价、产品市场的预测等提供服务。美国的很多高校都设立了工业工程专业，每年培养学士、硕士、博士等不同层次的工业工程人才，并开发多类成人教育和继续教育培训班。据美国官方统计，这仍不能满足社会对此项专业人才的需求。日本在国际贸易和市场竞争中节节胜利之根本，在于

其企业的低成本、高质量、高效率，而工业工程是他们依托的主要工具之一。日本在工业工程的开发与应用中注重结合本国实际进行改进与创新，特别是开发出了不少独具特色的技术方法，例如：准时化（Just In Time）生产方式及其看板管理（Card Control）等，并在国际上具有先进性和重大影响。亚太地区经济发展较快的韩国、新加坡、泰国及我国的香港、台湾乃至印度都已建立了工业工程的研究、教育、开发和推广体系。这些国家和地区的经济的发展相当迅速，不能不说与工业工程的研究与应用有密切关系。可以说工业工程的研究与发展水平，在一定程度上标志着一个国家或地区的经济和管理发展水平。

第二节 工业工程在我国的发展及应用

我国社会主义制度的建立和社会主义市场经济体制的逐步形成，将使生产率得到极大提高和社会生产力得到空前发展。早在 20 世纪 50~60 年代，我国普通劳动者就自发开展了提高劳动生产率活动，并创造出了许多立足于本职工作的新的工作方法，如：郝建秀操作法、倪志福技术革新、“毛泽东号机车组”操作法等，这些都体现了工业工程的思想，并有一定的创造性。

实行改革开放政策后的 80 年代，首先在工业部门认识到工业工程的推广和应用将会对其经济发展产生巨大的影响。机械电子工业部门最早提出“加强企业管理，实行整体优化”的要求，并卓有远见地提出要对企业管理整体优化的理论、方法进行研究探索。有关部门和许多有识之士普遍认为，工业工程技术比较适合我国现阶段经济发展的需要，在我国工业界推广应用的前景十分广阔。应用它的一些技术，往往不需要或只需要很少的投资，就可以产生很大的效益。

日本能率协会专家三上辰喜受日本政府委托，曾在我国北京、大连等地推广应用工业工程。他认为，中国许多企业不需要在硬件方面增加许多投资，只要在管理方式、人员素质和工业工程等方面着力改进，生产效率就可提高 2~3 倍，甚至 5~10 倍。

80 年代中期北京机床电器厂在日本专家诊断和指导下，运用工业工程，通过“工作研究”，改善工作地布置和操作方法，使组装车间在不增加人员、基本不增加设备投资的情况下，生产效率提高 1 倍，产品合格率由 85% 提高到 97%，并减轻了工人的劳动强度；成都红光电子管厂运用“工作研究”等基础工业工程技术改造电子产品装配线，节约了大量工时、人力、物力，提高了效益，改善了工作环境；长春一汽、湖北东汽从中国国情出发，学习、推广日本的准时化（JIT）生产方式和“一个流”管理法，变“推动式生产”为“拉动式生产”，取得了巨大的技术经济效益；鞍山钢铁公司广泛应用工业工程技术，普遍修订岗位作业标准，取得明显效果。另外，国内一些设计院研究应用物流系统分析方法，显著改善了工厂设

施的规划和设计工作。

90 年代，我国企业面临直接介入国际市场竞争的挑战，亟需提高管理水平，降低成本，提高效益。中国机械工程学会经过大量的调查研究和专家论证，为在全国范围内更好地推广工业工程，使企业自觉地、有意识地应用工业工程，按照国际惯例来管理企业，在中国科协、原机电部、国家技术监督局等部委和有关高等院校、研究机构、大型企业的支持下率先成立了国内第一个工业工程学术团体——中国机械工程学会工业工程分会。从 1991 年开始，基本上每年或每两年召开一次全国性学术会议，1993 年的学术会议还邀请了台湾工业工程学会和香港工业工程学会等学术团体的代表团以及日本工业工程专家参加。从 1994 年开始，我国大陆或香港地区每年召开一次工业工程国际研讨会。

近年来，工业工程的教育、研究和推广应用都很活跃，对我国的经济的发展产生了积极作用。今天，许多企业家已开始认识到，面对国际市场的整体竞争格局，没有工业工程有关技术以及其相应的专业人才，提高国际竞争力的目标是很难实现的。事实上，中国许多与国外合资或国外独资的企业，像上海大众、一汽大众、天津奥蒂斯电梯厂、上海麦道飞机公司、天津摩托罗拉公司等，均设有工业工程部和工业工程师岗位，这些企业的管理方式都尽可能按照国际惯例，经济效益非常明显。

1995 年和 2000 年，具有重要国际影响的计算机与工业工程国际会议两次在我国举行，国家有关部门正在酝酿工业工程师和高级工业工程师岗位设置问题，中国机械工程学会工业工程专家和工业工程师水平资格认证工作也已全面展开。这些都标志着我国工业工程的研究、开发与应用开始进入了一个新的发展时期。

第三节 工业工程的作用

工业工程在国外与国内发展及应用的实践表明，这门工程与管理有机结合的综合技术对提高企业要素生产率和生产系统综合效率及效益，对练好企业等组织系统内功、提高系统综合素质，对增强企业在开放经济条件下的国际市场竞争能力和知识经济环境中的综合创新能力，对赢得各类生产系统、管理系统及社会经济系统的高质量、可持续发展等，具有不可替代及日益重要的作用。

世纪之交，我国以企业为基础和主体的工业及产业经济系统面临着资源利用率低、质量和效益不高、产品等综合结构不合理、环境适应性较差、国际竞争力及创新能力亟待增强，以及战略管理和内部管理弱化、技术与管理脱节、特色化缺乏、产品、市场、技术等方面发展不平衡、企业与市场和政府及其他企业间关系欠规范、不稳定等诸多问题和困境。现代工业工程是企业 and 整个产业经济摆脱困境、赢得竞争优势的有效武器。

社会主义市场经济新体制的逐步确立要求建立现代企业制度。在该制度建立的

过程中，必然会使企业与政府、企业与企业、经营者与投资者、职工与企业等的关系和企业内外人—机—环境的联系发生某些新的调整与变化，并建立起相应的规范和制度。这就需要借助于现代工业工程综合协调、机能优化和管理高效等思想和人的因素分析及企业系统分析与设计等方法，使各类企业，尤其是国有大、中型企业尽快走上自主、规范和高效经营的道路。

全面提高管理水平、加快现有企业以信息化为主的技术改造，是我国企业和整个产业界的紧迫任务。多年来，许多企业一直在努力寻求具有较好适应性、系统性、综合性的管理模式和方法，而现代工业工程正是具有这种特点的方法论和技术综合体。另外，技术改造除了需要企业有必要的硬投入外，更需要采取强化软投入的办法。工业工程立足于生产系统结构的优化调整，其推广应用是一种有效的软投入。

加入 **WTO** 使我国企业和产业发展面临前所未有的国际市场的严峻挑战。推广应用工业工程，是我国企业及产业真正实现与国际接轨、昂首迈向国际大市场、有效参与国际竞争的重要基础和必然选择。

第二章 工业工程的概念和内容

第一节 工业工程的概念

工业工程的发展迄今已近一个世纪了。由于它涉及范围广泛、内容不断充实和深化,在其形成和发展的过程中,不同时期对工业工程的概念曾有不同的阐述,其中,最有权权威性的解释是美国工业工程师学会(AIIE)于1955年提出、后又经过修订的定义即:工业工程是对由人员、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鉴定、预测和评价。该定义已被美国国家标准学会(ANSI)用来作为标准术语,收入美国国家标准Z94,即《工业工程术语》标准Industrial Engineering Terminology, ANSI Z94, 198z)。日本工业工程协会也基本上采用了这样的定义。

《美国大百科全书》(1982年版)对工业工程的解释是:工业工程是对一个组织中人、物料和设备的使用及费用详细分析研究,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希克斯(P.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与安全的条件下进行的(1988年)。

上述各定义是随着时间的推移和科学技术与生产力的发展而变化的,但其本质内容是一致的,这些定义都表明:

- (1) 工业工程是一门工程类科学技术,且是主要解决管理问题的工程技术。
- (2) 工业工程所研究的对象是由人、物料、设备、能源、信息等生产要素所构成的各种生产及经营管理系统,且不局限于工业生产领域。
- (3) 工业工程所采用和依托的理论与方法是来自于数学、自然科学、社会科学中的专门知识和工程学中的分析、规划、设计等理论与技术,特别是与系统工程的理论与方法和计算机系统技术具有日益密切的关系。
- (4) 工业工程的任务和目标是研究如何将人、物料、设备、能源、信息等要素进行有效、合理的组合与配置,并不断改善,实现更有效的运行,为管理活动提供技术上的支持与保证,其目的是达到系统效益与生产率的实现与提高。

第二节 工业工程的学科特点

为了更准确地把握工业工程的概念及学科性质，需要从工业（Industry）和工程（Engineering）的概念来说明。英文中的 Industry，不仅仅包含中文所说的工业的涵义，还包含产业的涵义，即有除了工业领域外的交通、服务等多种产业部门的意思。因而，工业工程是起源于工业部门，应用于以工业为主的包括国家与社会多种产业的工程技术。工程是指人类将自然科学知识、原理应用于工业、农业及多种产业甚至社会科学领域中，为使物质、能源、信息转换为另外一种对人类有用的物质、能量、信息，而有目的地使用各种技术的活动过程。在此过程中，应用分析、设计及实现转换的技术方法与实践经验，经过理论上的加工与概括，形成工程学。工程学还可被分为专业工程（学）与一般工程（学）。

由于工业工程具有鲜明的工程属性，国外一般把工业工程划入工程学范畴。和其他工程学科一样，工业工程具有利用自然科学知识和技术进行观察、实验、研究、设计等功能。如工业工程在进行生产系统设计时，和其他各种机器的设计一样，所不同的是生产系统设计是更复杂、更大规模的设计，有系统总体设计，也有各子系统的设计，如物流系统设计、人机系统设计、设施规划与设计等。这些都是典型的工程设计。但工业工程又不同于一般的工程学科，它不仅要应用自然科学和工程技术，而且要应用社会科学及经济管理知识。由于工业工程起源于科学管理，为改善管理提供方法和依据，也具有明显的管理特征，所以，工业工程是一门技术与管理相结合的交叉学科。

在认识工业工程学科的时候，还需要进一步明确工业工程与管理工程、制造工程与系统工程等相关工程（学）的关系。这是国内外有关学者共同面临的一个理论和实践问题。

在我国，管理工程曾作为管理科学工程化的结果和管理科学中方法与技术的集中体现，其基本方法是系统工程，其主体内容之一即为工业工程。从目前来看，要实现工业工程的目标，更多地需要解决系统管理的问题。因此，加快对传统管理工程学科的改造，逐步确立工业工程的学科地位，着重从工作方式和技术方法上保证管理目标的实现，具有现实意义。

制造业一直是工业工程的主要开发与应用领域。制造工程作为一种专业工程或工程专业的一个分支，它要求具有了解、应用和控制制造过程中各个工程程序和工业产品的生产方法所必需的教育和经验，还要求具有规划制造程序、研究与开发新的机器设备和新的工艺过程，并将它们系统化的能力，以达到用最少费用提供出高质量的产品与服务的目的（美国制造工程师协会，1978）。工业工程则是在制造工程等专业技术条件下对有关生产产品或提供服务的人员、资金、原材料、能源、信息等，在一定的环境下进行最佳的组合及设计、规划、评价、控制、改进、

创新，以使制造和生产资源得到最有效的利用，达到生产过程及制造系统高效化的目的。因此，制造工程是工业工程研究、开发与应用的重要内容，两者之间还具有相互依托、相互包含的密切关系。

系统工程是从整体出发，合理开发、设计、实施和运用系统的工程技术。它根据总体协调的需要，综合应用自然科学和社会科学中有关的思想、理论和方法，利用电子计算机作为工具，对系统的结构、要素、信息和反馈等进行分析，以达到最优规划、最优设计、最优管理和最优控制的目的 [《中国大百科全书（自动控制与系统工程卷）》，1991]。系统工程作为迄今最一般的工程技术，为现代工业工程及管理工程、现代制造工程等提供了重要的方法论和基本的方法。

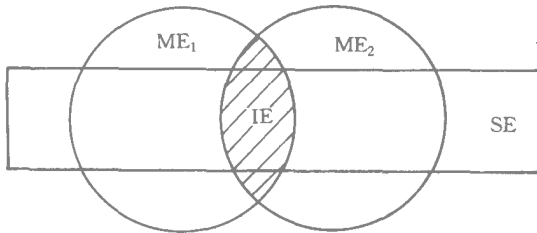


图 2-1 工业工程与相关学科的关系示意图

工业工程（IE）与管理工程（ME₁）、制造工程（ME₂）和系统工程（SE）的关系大致如图 2-1 所示。

工业工程（IE）与管理工程（ME₁）、制造工程（ME₂）和系统工程（SE）的关系大致如图 2-1 所示。

第三节 工业工程的内容体系

根据美国国家标准 ANSI-Z94（1982 年修订版），从学科角度可把工业工程知识领域分为 17 个分支，即：生物力学、成本管理、数据处理与系统设计、销售与市场、工程经济、设施规划（含工厂设计、维修保养、物料搬运等）、材料加工（含工具设计、工艺研究、自动化等）、应用数学（含运筹学、管理数学、统计质量控制、统计等）、组织规划与理论、生产规划与控制（含库存管理、运输路线、调度、发货等）、实用心理学（含心理学、社会学、工作评价、人际关系等）、方法研究与作业测定、人的因素、工资管理、人机工程、安全技术、职业卫生与医学。这些知识领域既涉及工业工程的基础理论，又有工业工程的专业技术。工业工程的基础理论比较广泛，其专业技术体系也在不断地发展与扩大，但人因与效率工程、生产及其制造系统工程、现代经营工程和工业系统分析方法与技术等四个方面的内容是最基本的。

一、人因与效率工程

1. 工作研究 (Work Study)

工作研究是工业工程体系中最重要基础技术和经典内容。它利用动作研究、时间研究、工作测定、方法设计、流程分析与作业分析、学习曲线、工作抽样等技术，分析影响工作效率的各种因素，帮助生产系统挖潜、革新和不断地改善，以消

除人力、物力、财力和时间等方面的浪费，减轻劳动强度，合理安排作业，用新的工作方法代替原有的工作方法，并制订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，因而还被认为是工业工程中一项专门的诊断技术。系统分析与计算机技术，使工作研究的手段与方法变得先进、科学和现代化。目前，欧美和日本又开发出先进的时间测量方法（MTM）、模特排时（MOD）法等先进技术，有效地解决预定时间标准的制定，再配以计算机辅助管理、数据库技术等，使现代工作研究的内容不断更新、深化，技术水平不断提高，应用范围越来越广。

2. 工效学（Ergonomics）

亦称人类工程学（Human Factors Engineering）、人机工程学（Man-machine Engineering），是综合运用生理学、心理学、卫生学、人体测量学、系统工程、社会学、生物力学和有关工程技术知识，致力于研究生产系统中人、机器和环境间相互作用的一门交叉学科，是工业工程的一个重要分支。通过对作业中人体机能、能量消耗、心理反应、人为差错及光线、声响、颜色、湿度等环境因素与绩效关系的研究，进行人机系统的科学设计，如：科学地进行人机界面设计、工作设计、设施与工业设计、工作场地布置、确定合理的操作方法、设计合理的工作环境等，使作业人员获得安全、健康、舒适、高效、可靠的工作环境，从而大幅度提高工作效率。目前，以提高脑力劳动的效率和准确性为目标、以研究作业人员认知过程模式和判断及决策过程中人与工作对象及环境间相互关系等为基本内容的认知工效学（Cognitive Ergonomics）正在形成和发展中。

3. 组织设计（Organization Design）

人是生产系统中最活跃的因素，而生产系统首先表现为由许多人组织起来的群体活动过程。为此，工业工程不仅要研究个人的行为和工作效果，而且要研究群体的行为以及协调人们行为的组合活动过程。在现代组织理论的指导下进行有效的组织设计，以协调组织中人与事、人与人的关系，使组织适应任务的需要，最大限度地发挥人的积极性。一般来说，组织设计就是指设计实施管理和生产经营任务的组织结构，给组织活动提供一个框架，规定正规的权威及管理层次，并规划职权和责任的体系，其主要内容有：职能分析和职位设计、部门化和部门设计、管理层次和管理幅度的分析与设计、决策系统的设计、横向协调和联系的设计、工作设计、事业生涯设计与开发、组织行为规范的设计、控制系统（信息；绩效评价；激励机制与分配制度）的设计、组织变革和组织发展的规划等。

4. 人力资源开发与管理（Human Resource Development & Management）

当今世界，人力资源已成为不可忽视的社会财富。如何将充足的劳动力资源转化为人力资本，以期提高企业和整个社会的劳动生产率，对发展中国家尤为重要，并与组织设计一起成为现代工业工程的重要内容之一。企业人力资源是指企业全体员工个体现有能量、协作能量和潜在个体及协作能量的总和。企业人力资源开发与

管理的目标是：充分利用、提高素质、开发潜能、增进效益。人力资源开发与管理既是一个现实和长远的社会问题，又是一个企业发展中所面临的首要 and 根本问题。开发及管理人力资源涉及开发人的创造性、人力资源规划、人员选聘与培训、工作绩效的测定与评价、企业或社会组织中的人际关系的处理和人力资源的有效利用及管理等内容。

二、生产及其制造系统工程

1. 设施规划与物流分析 (Facilities Planning and Material-flow Analysis)

设施规划与物流分析，是对对象系统（如工厂、医院、商店等）的位置选择、平面布置、物流分析、物料搬运方式及运输工的选择等进行具体的规划与设计，从而使各生产要素和各子系统（设计、制造、供应、后勤服务、销售等部门）按照工业工程的要求得到合理的配置和布局，组成高效率的生产集成系统。这是工业工程实现系统整体优化、提高系统整体效益的关键环节，是生产系统规划与设计的主要内容。其中，设施规划与设计主要是应用系统工程的原则与方法，将对象系统的各种设施在给定的区域范围内，进行最优的规划与设计，以求最佳的布置方案，使系统投入运行与使用后能达到最小的消耗和最大的产出与服务效益；物流系统分析主要是以生产系统物料的流动过程为分析对象，研究生产系统的平面设计、物流流动网络的分布、在制品数量与质量的控制方法及工位器具设计、搬运设备选择、运输路线分析、物流改善与管理等，以求物流系统最佳设计与运行效益。设施规划与物流分析是静态与动态、空间与时间、结构与行为的关系，两者统一于完整而高效的生产系统当中。与现代物流（Logistics）及系统工程的方法论及方法相适应，“物流系统工程”正在形成和完善之中，并将逐步取代“设施规划与物流（系统）分析”。

2. 现代制造工程 (Modern Manufacturing Engineering)

制造系统是生产系统中的核心部分。现代工业工程的主要特征和重要内容是在计算机系统技术的基础上发展集成生产和相应的现代制造技术。现代制造工程的主要内容包括：计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)、计算机辅助工艺设计 (CAPP)、计算机过程控制技术、成组技术 (GT)、人工智能与机器人技术、数控 (NC) 技术、柔性制造单元和柔性制造系统 (FMC, FMS) 以及计算机集成制造系统 (CIMS) 等。近年来，在美、日、德等发达国家又提出了柔性、精益、灵捷及其集成的新的制造“理念”和生产系统“模式”，这在一定程度上反映了工业工程的最新发展。

3. 生产计划与控制 (Production Planning and Control)

主要研究生产过程及各种资源的组织、计划、调度和控制，内容包括生产系统的分析与设计、制造过程的计划与控制、库存管理与控制、维修计划与控制、生产能力的测定与管理等。通过对人、财、物和信息的合理组织及调度，保证生产过程均衡、高效运转，加速物流、信息流的运转，提高资金周转率。常用的方法还有：

网络计划方法 (PERT) 和随机网络技术、资源需求计划 (MRP II) 准时化 (JIT) 生产、合理排序与调度 (Scheduling) 等。

4. 质量管理与可靠性 (Quality Control and Reliability)

质量管理是指为保证产品质量或工作质量所进行的质量调查、计划、组织、协调与控制等各项工作,以保证达到规定的质量标准,预防不合格品产生,甚至要求达到零缺陷。为了健全质量保障体系,美、日等国家曾先后推行了统计质量控制、全面质量控制、全面质量管理等科学的质量管理方法,都取得了明显的效果,显著增强了竞争实力。可靠性技术是对系统运行的可靠性进行分析、测定和评价的技术,是维持系统有效运行的重要方法,包括系统故障诊断分析、使用可靠性、系统可靠性及可靠性设计与管理等。

三、现代经营工程

1. 工程经济 (Engineering Economics)

工程经济是研究工程项目、设备、产品投资的可行性,评价其合理性、经济性等,为经营者和决策者提供基本的决策支持。在工业工程中经常用到的经济分析方法有:投资效益分析与评价的原理和方法;投资风险分析、评价与比较;工程项目的估价及可行性研究;技术改造与设备更新的经济分析;多种技术方案的成本、利润计算与方案选择;资金的时间价值分析与计算方法等。

2. 工业设计 (Industrial Design)

工业设计是在成本综合分析的基础上,对工业产品的功能、结构、形态、色彩、材料、界面等进行分析、设计和创新的实践过程和实践活动。它主要通过产品的审美设计和人与产品的界面设计,来完成将工业产品的功能使用性、造型美观性、人机协调性和商业经济性的有机结合,以便使产品最大可能地满足市场需求的任务。工业设计的内涵决定了工业设计是一门跨学科的边缘科学和实用技术,它集技术与艺术于一身,融工程与美学于一体,涉及人因工程、计算机科学、美学、艺术、心理学、生理学、视觉理论、工程学、市场学、经济学、可靠性理论、价值工程等一系列学科和内容,是现代工业工程中的一项极具创造性和综合性的实践活动,和一种集多种学科于一体的人—机—环境综合协调技术,在当今工业设计领域中,美、日、德三国处于领先地位。

3. 企业经营战略管理 (Business Strategy Management)

现代工业工程着眼于企业和社会经济系统运作效率的持续提高和长远发展,立足于系统内部各种要素与外部环境的适应与协调。经营战略是企业发展中带有长远性、根本性和全局性的谋略,以战略研究和制定为核心的战略管理是现代工业工程的重要内容。企业战略研究的基本方法是系统分析方法,主要包括:对企业现状的综合诊断、企业外部环境及其变化的分析、企业内部条件(企业能力)的分析、企业经营和发展目标的确定、战略课题的形成、战略评价、战略决策及推进等。另外,

企业经营战略的制定及管理有层次性的特征，如公司级战略、经营层战略等。由于战略的全局性，企业战略管理会涉及到生产系统内外的各类要素和工业工程工作的许多方面。

四、工业工程中的系统分析方法与技术

1. 量化分析方法

系统分析是应用建模、预测、优化、仿真、评价等技术对系统的各个方面进行定量和定性的分析，为选择最优或满意的系统方案提供决策根据的分析研究过程。它是工业工程的基本通用方法，并具有方法论意义。许多应用数学方法和数量化分析技术是工业系统分析的核心手段，并构成了现代工业工程的重要条件、基本内容和显著标志。优化理论与方法、概率论与随机过程、线性代数、应用统计、运筹学及其应用、模糊数学、预测技术、评价技术以及仿真技术等，均属这类量化分析技术及其基础方法。这些方法和技术在生产系统的规划与设计、控制与管理、诊断与改善过程中均有重要作用。

2. 计算机系统技术

计算机系统是工业系统分析的基础技术。现代工业工程之所以能够具有综合性、系统化的特点，成为适合系统整体优化的技术，在很大程度上得益于计算机系统的支持。企业产品的生产过程，是物料不断转变、流动和增值的过程，同时也是信息不断产生、变化和处理的过程，并且信息处理的需求日益呈现出全过程、全时段（实时）、全方位（系统）的特点。由于信息处理技术的发展，给传统的工业工程内容提供了更高效、更科学的研究手段，工厂平面布局和工作地设计，物流系统和人机系统分析，作业计划安排等方面，都可通过计算机模拟或实时监控，实现优化设计和管理。为此，需要根据对象系统（如企业）的现实状况和未来发展的要求，在制造过程和管理活动中逐步采用计算机辅助开发、计算机过程控制、计算机辅助管理（管理信息系统、决策支持系统等）等专门技术和数据库管理、计算机仿真、人工智能与专家系统等基础、通用技术，并努力形成完整的计算机系统支持的工业工程工作体系，真正提高生产系统的运作水平，从技术上保证现代工业工程目标的实现。

第三章 工业工程的研究对象及时代特征

第一节 制造生产系统概述

工业工程的研究对象是由人员、物料、设备、能源、信息、环境等生产要素所组成的各种生产及经营管理系统，且不局限于工业生产领域。这类系统可归结为大规模工业生产及社会经济系统或广义的现代生产系统。制造生产系统是现代生产系统及其运作与管理的基础和代表。

生产是将各种生产要素（或资源、投入物）转换成有形和无形的生产财富，由此而产生附加价值的过程。制造生产是有形产品的生产过程，由产品设计、材料选择、计划、加工、质量保证、生产管理到销售的一系列（核心）活动过程所组成。以制造生产为代表的生产系统就是将与生产过程有关的固有技术和计划、设计、加工制造、控制、管理以及有关信息处理技术等系统要素有机结合起来的一个人造系统。图 3-1 所示即为（制造）生产系统的基本构成。

由图 3-1 可知，生产系统是由产品计划子系统、技术信息子系统、管理信息处理子系统、生产控制子系统和生产过程子系统等所构成。下面就上述各子系统的功能作一简要说明。

（1）产品计划子系统。根据需求预测、市场调查或用户订货等信息来确定企业计划期内生产哪些产品品种、规格及数量等。产品计划所提供的信息对以后一系列决策是至关重要的。

（2）技术信息处理子系统。主要包括产品设计和生产工艺设计两部分内容。产品设计是根据产品计划的信息，对产品进行初步设计、详细设计和工作图设计，并制定产品、部件和零件明细表等。生产工艺设计主要就产品性质和质量需求，并考虑适当的生产率及经济性等因素来设计生产工艺过程，一般以机械加工工艺设计为主，同时还包括毛坯制造工艺设计和装配工艺设计以及工艺装备等。

（3）管理信息处理子系统。这个子系统包括产品设计管理和生产管理两部分。产品设计管理是指对产品设计图样和数据等信息的有效使用以及掌握设计进度等的管理系统。为了保证设计信息的有效使用，该系统必须具有信息收集、选择、积累、检索、修正、储存和更新等功能。生产管理是指为保证产品生产数量、质量、成本和完成日期等计划的实现，编制各种生产作业计划、核算所需的各种资源、控制生产进度、制定质量标准等与生产有关的管理活动。为此，还需要制定各种有关计划，诸如：生产计划、原材料供应计划、设备负荷计划。此外，还包括质量管理、进度管理（进度计划）、在制品管理、库存管理、工艺装备管理、设备管理、成本管理、运输管理等

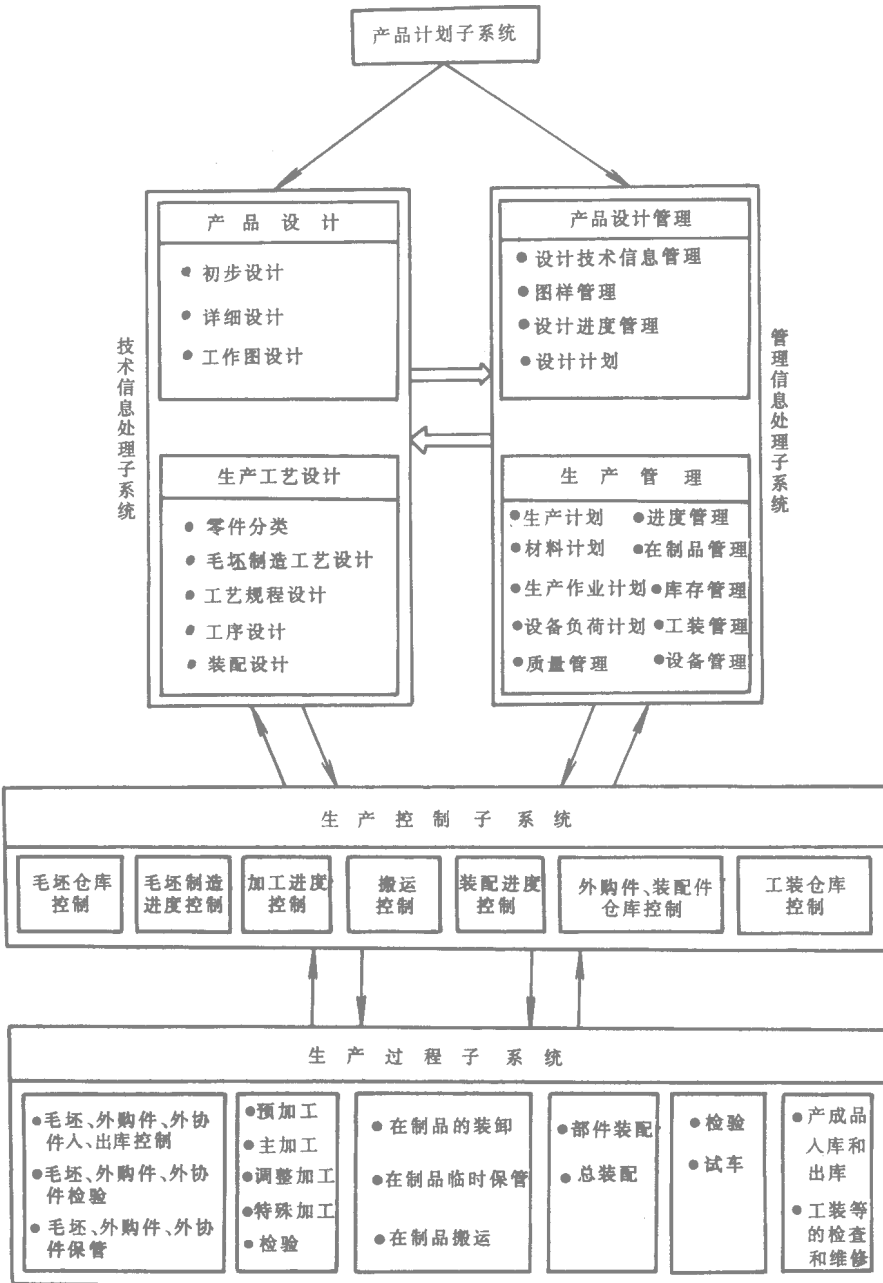


图 3-1 生产系统的基本构成

(4) 生产控制子系统。通过有关信息的收集和处理来掌握和控制毛坯制造、加工、运输、装配、检验、外购件和零部件仓储、工艺装备仓储等活动过程和进度。

(5) 生产过程子系统。它是指由原材料、毛坯等投入生产开始到产品出产为止的全部生产过程组成的子系统。它是一系列相互联系的劳动过程和自然过程的有机结合。

总之，从图 3-1 中可看到，（制造）生产系统实质上是由产品计划、技术信息处理、管理信息处理、生产控制子系统所组成的信息流和生产过程子系统所组成的物流两大部分所构成。生产系统的设计与组织和产品的性质、种类、数量等关系极大。不同的产品性质、种类和数量可以形成不同的生产形态，而不同的生产形态又有不同的设计和组织生产系统的方式和方法。在工业企业中，可以按不同分类标准将生产形态分成很多种类。

装配式生产和流程式生产：这是按产品的生产技术特性进行的分类。所谓装配式生产，是指由许多零部件装配成产品的一类生产，如机床设备、汽车等产品的生产。一般装配所需的零部件既有企业自己生产的，也有外购的。装配成的产品多数是最终产品，也有作为商品出售的半成品等。流程式生产也可叫连续生产，一般如化肥、炼铁、炼油、发电等企业就属于流程式生产形态。

计划生产和订货生产：这是根据计划期内产品销售预测或订货量等信息来进行的分类。所谓计划生产，就是根据通过市场调查、预测和判断所得到的市场需求量或某种计划来组织和安排生产的一种生产形态。而订货生产则是完全按照顾客的订货数量、品种、规格以及完成日期等要求来组织和安排的生产形态。通常，顾客订货的产品中有不少是需要重新设计的新产品。

大量生产、成批生产和单件生产：这是根据产品品种的多少和产量的大小进行分类，也是最基本的生产类型划分。所谓大量生产是指在较长一段时期内只固定生产一种或少数几种产品，即产品品种少、数量大，因此，大量生产类型具有生产条件稳定、工作地专业化程度高等特征。单件生产类型正好相反，其产品多数属于市场需求量小、用途不广、通用性不高的专用产品，每种产品只生产一件或少数几件，所以具有产品品种多、产量适中，工作地轮番生产不同品种的产品，具有一定的专业化程度等特征。成批生产按产品批量大小，又可分为大批生产、中批生产和小批生产三种。大批生产与大量生产的特征接近，小批生产与单件生产的特征近似，而中批生产则更多地反映了成批生产的特征。表 3-1 所示即为各种基本生产类型的技术经济特征。

总之，由产品性质及生产技术特性来决定是装配式生产还是流程式生产；由产品市场销售量或客户订货量信息来决定是计划生产还是订货生产；由生产产品品种多少、产量大小来决定是大量生产、成批生产还是单件生产。

近年来，由于经济、科技、社会环境的新变化，促使全球制造业进入了革命变

革时期，先进制造技术 (AMT) 及各种新制造生产模式和新管理方式应运而生，且层出不穷。

表3-1 各种基本生产类型的技术经济特征

生产类型 技术经济指标	大量生产	成批生产	单件生产
工作地专业化程度	在每台机床上固定地加工一个或几个零件	在同一机床上轮番加工几种零件	在同一机床上经常加工各种不同的零件
采用的设备	广泛采用专用设备	通用设备为主，有个别专用设备	通用设备
工艺装备	采用较多数量的夹具和自动化专用工具	较广泛地采用夹具和专用工具	只有在特殊情况下采用夹具和专用工具（即没有它们就不能进行生产）
工人技术水平	工人技术等级较低（在有调整工情况下）	采用不同技术等级工人	工人技术等级很高
工序劳动量	不大	较大	很大
零件互换性	零件要求全部互换，有部分选择，没有修配	零件互换性高，保存一部分钳工修配	广泛采用钳工修配
工时定额	采用精确的技术定额标准	对劳动量大的重要零件制订技术定额	采用概略的工时定额标准
产品品种	较少	较多	多、不定
产量	很大	较大	很小、单件

处于世纪之交时期的人类社会正面临着深刻的变革，当代制造环境呈现出许多新的特征。早在 20 世纪 70 年代，西方发达国家为了适应未来市场的激烈竞争和快速变化的需要，就开始了柔性制造系统 (FMS) 和计算机集成制造系统 (CIMS) 的研究，经过十多年的努力，已在制造技术的自动化、智能化和柔性方面取得了令人瞩目的成就，但在提高企业竞争力方面却收效不大。为此，美、德等国一方面致力于从最基本的管理问题入手，全新改造企业，另一方面从日本引进精益生产等方式，并加快了对新的制造系统理论与应用的研究。精益生产 (Lean Production)、敏捷制造 (Agile manufacturing)、柔性生产技术 (Flexible Manufacturing-Technology)、批量个性化或定制式 (Mass Customization) 生产、自治制造或全信息集成制造系统 (Holonic Manufacturing System, Hms)、智能制造系统 (Intelligent Manufacturing-System, IMS)、分形企业 (Fractal Company)、准时化 (JIT) 生产、再造工程 (Re-engineering)、并行工程 (Concurrent Engineering)、供应链管理 (Supply Chain Management, SCM) 及其全球供应链 (GSC)、敏捷供应链 (ASC)、制造生产的连续获得与终生支持 (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support, CALS) 等，正在这些国家兴起。其中，许多生产方式已被认为将成为 21 世纪制造企业及制造生产系统的战略选择。

第二节 生产系统及环境条件的新特点

在规划与设计、组织与管理现代生产系统时，需要充分考虑到各种动态生产环境的影响。综合分析近年来国内外的有关各种分析及观点，与生产活动相关的社会经济及企业经营环境正在发生着以下主要的变化。

(1) 经济全球化。经济资源和生产要素“走”出国界，加速在全球范围内流动和组合，以取得战略优势和全球竞争力。随着国家经济（**National Economy**）向全球经济（**Global Economy**）和网络经济的转变，生产系统的范围不断扩大，结构日益复杂化，人们对全球供应链（**Global Supply Chain, GSC**）的关注就是一个例证。

(2) 动态市场带来挑战和机会。顾客需求的多样化和快速变化使得市场日益动态化，这既给企业传统的生产方式和管理模式带来了挑战，又为企业带来了多种选择的可能性和“意想不到”的机会。这就要求任何组织都要有很好的环境适应性、自主性，较高的经营决策水平和较强的资源集成能力。

(3) 社会加速信息化。信息作为仅次于人力的第二大关键资源，是社会生活现代化的重要标志，全球目前正在快速进入信息化时代。比如，由于信息技术对制造业的广泛而深刻的影响，以致于有专家预言制造业将成为重要的信息化产业。

(4) 技术创新加快。在市场经济条件下，竞争、发展与创新的密切关系和技术创新在企业发展与社会进步中的重要作用，已日益被人们所确认；技术创新的速度、范围、深度和影响力等均发生了前所未有的变化。技术创新的人本观、效率观、变化观和集成观，体现了系统性特征和现代管理思想。

(5) 可持续发展开始引起普遍关注。以资源和环境为基础的可持续发展问题不但被发达国家，而且被我国等发展中国家的政府、组织、公众所重视。近年来，国内外学者也开始关注基于可持续发展的生产观和生产战略问题，清洁生产及卓越制造（**Manufacturing Excellence**）表达了人们在此背景下对新型社会制造价值观的向往与追求。

(6) 现代生产活动的资源要素多样化。生产系统作为工业工程的对象系统，其基本要素包括人员、物料、设备及能源和信息，或生产对象、生产手段、生产劳动力、生产信息，或人员（**man**）、物料（**material**）、机器（**machine**）、资金（**money**）、方法（**method**）。但现代生产经营活动的有效进行依赖于一个多样化的生产资源要素体系，该体系由设施、物料、能源等实体（基础）资源，人力、技术、信息、资金、组织、文化等活性（关键）资源（其中组织是集成化资源、信息和文化为媒介性或协调性资源）和市场（顾客、竞争者）、政府及政策、社会和自然等环境或相关资源要素所组成。20世纪90年代由于社会经济、技术和管理环境及由此而带来的企业经营环境的诸多明显变化，生产系统正面临着来自复杂性、信息化、随机性、