

普通高等教育规划教材

工业工程

西安交通大学 汪应洛 主编

机械工业出版社

前 言

本书是根据1993年在桂林召开的国家教委管理工程类教学指导委员会会议上讨论通过的教材编写计划而组织编写的。

工业工程主张通过对人员、物料、设备、能源及环境等各类生产要素的系统规划与设计、管理与改善来提高生产率和经济效益，曾经为西方发达国家的经济发展发挥了重要作用，定将对我国制造业、整个工业经济及社会事业的发展作出直接贡献。它既具有鲜明的工程属性，又具有明显的管理特征，是一门工程技术与组织管理等有机结合的交叉学科。

随着我国社会主义市场经济和各项社会事业的发展，许多企业已率先采用、开发和推进工业工程技术，企业界和整个社会对工业工程已开始表现出极大的兴趣和旺盛的需求，一批院校也已试办工业工程专业。本书正是为适应这一新的形势而编写的。

本书注意把工业工程的基础方法与现代系统思想及新的技术结合起来，力求系统性、针对性和实用性。全书共分十章。第一章主要介绍工业工程的概念、内容、发展和应用；第二章介绍生产系统运作的要求和基本方法；第三、四章分别介绍工作研究和工效学等工业工程中最基本的内容；第五、六章介绍设施规划与物流系统分析的原理与方法；第七章介绍质量管理与可靠性技术的有关内容；第八章介绍现代制造系统的有关技术；第九章介绍在工业工程中广泛应用的主要系统分析技术；第十章介绍企业战略管理的有关内容。

参加本书编写的有：汪应洛（第一、十章），陶谦坎（第二、七、九章），张正祥（第三章），刘树林（第四章），齐二石（天津大学）和袁治平（第五、六章），褚启勤（第八章）。西安交通大学汪应洛教授担任主编，天津大学顾培亮教授任主审。

本书为高等院校工业工程、管理工程类专业教材，也可供有关工程技术人员、工业工程专业人员及管理人员自学和参考。

鉴于工业工程在我国刚刚兴起，加上编者水平有限，书中错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

1994年11月于西安交通大学

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 工业工程的概念及内容	1
第二节 现代工业工程的发展趋势	2
第三节 工业工程的应用	3
第四节 我国工业工程的应用和发展	5
第二章 生产系统的组织与管理	9
第一节 生产系统概述	9
第二节 生产过程组织的基本要求	14
第三节 生产过程系统的空间组织和 时间组织	16
第四节 生产作业控制	28
第三章 工作研究	44
第一节 方法研究	45
第二节 程序分析	48
第三节 操作分析	54
第四节 动作分析	59
第五节 作业测定	62
第六节 模特法及其应用	65
第四章 工效学	73
第一节 概述	73
第二节 人的特性因素	77
第三节 人机界面设计	82
第四节 工作环境的影响及改善	86
第五节 劳动安全与事故预防	89
第五章 设施规划与设计	95
第一节 设施设计与物流分析概述	95
第二节 复合工业设施的规划及厂址 选择	99
第三节 厂内工业设施布置的系统化 设计方法	103
第四节 工业设施规划与设计的优化 技术	116
第六章 物流系统分析与运作	122
第一节 企业物流系统分析原理	122
第二节 物流系统诊断分析方法	134
第三节 物料搬运系统	138
第四节 库存控制与物料采购	142
第七章 质量管理和可靠性技术	149
第一节 质量管理概述	149
第二节 全面质量管理	154
第三节 质量管理中的统计方法	156
第四节 可靠性技术	164
第五节 系统可靠性	168
第六节 可靠度分配和可靠性设计	170
第七节 维修性	175
第八章 制造系统现代化技术	178
第一节 制造系统概述	178
第二节 成组技术的基本原理及应用	180
第三节 制造系统中的计算机应用技术	187
第四节 生产计划与控制	205
第五节 人工智能技术在制造系统中 的应用	211
第六节 柔性制造系统和集成制造系统	220
第九章 工业工程中的系统分析	230
第一节 系统分析概述	230
第二节 预测技术	236
第三节 优化技术	253
第四节 系统仿真技术	276
第五节 系统评价与决策	283
第十章 企业战略管理	305
第一节 企业战略管理的概念及意义	305
第二节 战略管理过程	307
第三节 企业经营战略的制定	308
第四节 市场战略	315
第五节 战略实施	319
第六节 企业战略管理案例	322
参考文献	332

第一章 绪 论

第一节 工业工程的概念及内容

工业工程 (Industrial Engineering, 简称 IE) 是一门技术与管理相结合的工程学科。

在人类从事小农经济和手工业生产的漫长时代里, 人们凭着自己的经验去管理生产。到 20 世纪初期开始进入“科学管理时代”, 美国工程师泰勒发表的《科学管理的原理》一书是这一时代的代表作。1908 年, 美国宾州州立大学根据泰勒的建议, 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。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, 有人主张把当时从事动作研究、时间研究等提高劳动生产率的各种研究工作, 从管理职能中分离出来, 由懂得工程技术专业的人去进行, 逐步形成了一批将工程技术与管理相结合的工业工程工程师。美国工业工程师学会成立于 1948 年, 是第一个专门致力于工业工程专业发展和学术活动的专业性组织。

在第二次世界大战期间, 运筹学得到很大的发展。由于工业生产发展的需要, 使得工业工程与运筹学结合起来, 进一步推动了工业工程的发展和广泛应用, 使工业工程加强了理论基础, 成为一门更加成熟的学科。

在五六十年代, 美国的许多大学先后设立了工业工程系或工业工程与运筹学系, 到 1975 年已有 150 所大学开设工业工程课程。

一、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, 在其形成和发展过程中, 在不同时期对工业工程的概念曾有各种不同的阐述, 其中最有权威性的解释是美国工业工程师学会 (AIIE) 于 1955 年提出, 后来又经过修订的定义: “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和方法, 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) 采用作为标准术语, 收入美国国家标准 Z 94, 即《工业工程术语》标准 (Industrial Engineering Terminology, ANSI Z 94, 1982)。

《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的人、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。”

二、工业工程学科的范畴和性质

根据美国国家标准 ANSI Z 94 (1982 年修订版), 从学科角度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、管理科学、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。

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。但是,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,工业工程是一门新兴的交叉学科。

第二节 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。现代工业工程就是在现代科学技术和生产力条件下研究生产系统,提高生产率和竞争力的学科。60年代以来,随着系统工程的迅速发展,促使工业工程与系统工程有机结合,形成一个比较完备的学科体系。由于现代科学技术和生产力的高度发展,尤其是高新技术的蓬勃发展,当代的生产经营环境和条件发生了很大变化,主要表现在:①市场需求多样化、变化快,产品寿命周期大大缩短,竞争激烈,要求不断开发新产品、新材料和新工艺,技术创新日益受到社会重视。②系统、成套产品的需求日益增多,市场不断扩大,用户越来越多地需要多种形式的优质、可靠、系统的服务。③现代制造技术(如数控设备、CAD/CAM、机器人、柔性制造系统、计算机集成制造系统、准时化生产、机一电一光一体化技术等)迅速发展,为高速、高效、优质、低耗生产提供了条件。④信息技术的发展为生产经营决策科学化 and 增强应变能力提供了强有力的手段。⑤严格保证交货期,提供及时、周到的售后服务,促进了管理水平的提高。

为了适应这些变化和要求,现代工业工程兼收并蓄了越来越多的新学科和高新技术,如信息科学、自动化技术、计算机技术、优化理论和仿真技术等。

现代工业工程的发展具有如下显著特征:

1) 工业工程的研究对象和应用范围逐步扩大到系统整体,并日益注重用系统观点和系统工程方法来处理问题。

在工业工程发展的早期,主要研究各个作业的效率和改进现场管理;传统的工业工程主要研究生产过程,仍属于微观范畴;而现代工业工程则扩展到包括研究开发、设计制造和销售服务等广义的生产系统,并进而延伸到整个经营管理系统,更注重系统整体优化和综合效益。

2) 广泛采用计算机,强化信息的采集、处理、传输,开发管理信息系统和决策支持系统,进一步提高了企业管理水平和工作效率。

由于市场竞争激烈，产品生命周期缩短，现代生产必须适应瞬息万变的市场需求。现代工业工程能够以高速处理数据、信息的计算机为工具，在生产系统设计中建立完善的信息网络，可以做到信息传递迅速，反馈及时。这是在现代生产环境和市场条件下，提高生产力不可缺少的条件。因此，有的学者指出：在泰勒时代，人们把产品生产看作原材料的一系列转换过程，而现在进入了信息时代，产品生产可以说是由一系列信息变换引导和控制着的物质转化过程。

3) 制造过程向高效、集成和柔性的方向发展。随着计算机科学、自动化技术和人工智能技术等高新技术的迅速发展，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以及整个生产过程的计算机集成制造系统 (CIMS) 等。在这种新的制造环境中，针对如何处理资源 (主要是人、物料、设备和信息) 的协调与控制的一系列问题，产生了象制造资源计划 (MRP-II) 和准时化生产 (JIT) 等崭新的管理技术。一些工业发达国家大力推广应用现代工业工程，获得了很大成功，经济效益十分显著。

4) 突出重视生产率和质量的研究。提高生产率和质量永远是工业工程追求的目标。随着激烈的市场竞争，许多企业把提高生产率和保证质量放在突出位置。现代工业工程针对采用现代制造技术和管理技术，出现了新的生产组织和环境的情况下，深入研究生产率理论及其测定方法，运用现代技术和系统综合措施提高系统整体的生产率方法；运用柔性制造系统提高生产率；在采用制造资源计划 (MRP-II) 和准时化生产 (JIT) 的生产环境下提高生产率问题等等。同时，也大力开展现代制造系统的质量与可靠性保障系统的研究。在日本，有些工厂还推行零缺陷运动。

5) 现代工业工程的重要特点在于重视人的作用，注重研究人与机器的最佳结合，要研究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，研究在复杂的计算机控制的多机器环境中的心理和生理因素，运用计算机控制的智能化仪器测定各种数据，寻求相应的人—机关系原理，为设计高度自动化的人机系统提供科学依据。面对21世纪，工业工程将和生命科学紧密结合，着眼于研究大幅度提高智力活动的效率，提高科学技术工作的创造力和改善科技人员管理的科学性等问题。

总之，由于现代工业工程的跨学科性质和应用的广泛性，随着现代科学技术的高度发展，社会生产日新月异，强大的技术推力和需求拉力都将促使现代工业工程这门交叉学科保持迅速发展的趋势。

第三节 工业工程的应用

工业工程是一门实践性很强的工程技术，首先在制造业中得到广泛的应用。从50年代以后，工业工程的应用领域日趋扩大，在建筑业、交通运输业、农业管理、银行、医院、商业、服务业、军事后勤及政府部门都得到广泛应用。

以制造业为例，应用的工业工程常用技术如下。

1. 工作研究

工作研究是工业工程体系中重要的基础技术。它利用动作研究、时间研究、方法研究和作业测定等技术，分析影响工作效率的各种因素，帮助企业挖潜、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，并减轻劳动强度，合理安排作业，用新的工作方法代替原有的工作方法，并制定该项工作所需的标准时间，从而提高劳动生产率 and 经济效益。

2. 生产计划与控制

主要研究生产过程及各种资源的组织、计划、调度和控制，内容包括生产过程的空间和时间的结构和组织，制定生产计划和作业计划，生产能力平衡、库存量的确定和控制，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。

常用的方法有：计划评审技术(PERT)、随机网络技术(Stochastic Network Technic)、库存理论、经济生产批量(EPQ)、资源需求计划(MRP-II)、准时化生产(JIT)、合理排序与调度(Scheduling)。

3. 设施规划与设计

对系统对象(如工厂、医院、商店等)的厂址选择、平面布置、物流分析、物料搬运方式及运输工具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。

4. 质量管理与可靠性技术

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原理和方法，包括系统故障诊断分析、使用可靠性、系统可靠性以及可靠性设计与管理等。

5. 工程经济

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，资金的时间价值的分析与计算方法等。

近年来，在工业工程界广泛采用价值工程，主要用于新产品、新技术、新材料的开发过程中，对技术性能(功能)与成本进行对比分析，或者用功能与效益进行对比，力求获得最佳的功能效益比，即寻求完成必要功能而成本最低或效益最高的技术方案。根据分析结果对设计、工艺或材料等选择方案进行改进，从而有效地提高效率与效益。

6. 工效学(Ergonomics)

亦称人类工程学(Human 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、机器和环境之间的相互作用的一门交叉学科。它是工业工程的一个重要分支领域。通过对作业中人体机能、能量消耗、疲劳测定、光线、声响、颜色等环境因素与效率的关系等的研究，在系统设计中，科学地进行工作设计、设施与工具设计、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。

7. 组织行为学 (Organizational Behavior)

生产系统一般是由许多人组织起来的群体活动, 为此工业工程不仅要研究个人的行为, 而且要研究群体的行为以及人们集合在一个组织中的组织行为。它包括组织的形成、成长和演变, 个人、群体在组织中的作用及相互关系, 组织的内部结构、组织与组织之间以及组织与外部环境的相互作用与相互关系, 对个人和组织的激励机制与相应的激励制度, 组织管理与领导的有效性。

心理学、社会学、组织理论、管理学是组织行为学的理论基础。

8. 管理信息系统

信息是现代企业的主要资源。信息的采集、处理、传输、储存和控制是企业生产、经营活动的神经系统。现代企业利用计算机和现代通信系统组成管理信息系统, 为企业的经营、管理和决策提供信息支持。管理信息系统一般是由计算机硬件环境、操作系统、软件系统、模型体系、数据库等组成。

现代企业的管理越来越复杂, 特别是企业高层管理人员在制定决策时, 单凭个人的经验和直觉已很难应付, 往往需要依靠计算机管理信息系统再加上应用决策分析模型(模型库)等工具, 而形成决策支持系统, 为决策者提供科学依据。

9. 现代制造系统

现代工业工程的主要特征是应用计算机和发展集成生产。主要内容包括: 数控技术(NC、CNC、数控机床、数控设备等)、成组技术(GT)、计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、计算机辅助工艺设计(CAPP)、柔性制造单元和系统(FMC、FMS)以及计算机集成制造系统(CIMS)。

10. 系统分析

采用系统分析的原理与技术 and 定性与定量分析相结合的方法, 是现代工业工程发展的重要标志之一。系统分析作为系统工程的核心内容, 包括环境预测、系统优化、系统仿真、系统评价与决策分析等多类具体方法与技术, 并且在工业工程中具有广泛的应用。

11. 企业战略管理

当代企业的经营空间迅速扩展, 企业发展中的各类问题日益复杂化和动态化。这就要求新型的工业工程师要能从更加长远和广阔的角度来考虑企业的利益和发展, 学会进行有效的战略研究和管理。企业战略管理包括企业经营战略的制定、实施、控制和调整等具体内容。

不断开发和掌握先进技术, 善于技术创新, 是工业工程在现代生产条件下获得市场竞争优势的重要途径。

日本企业在激烈的国际竞争中, 从美国引进了工业工程, 并创造性地运用和发展工业工程, 取得了竞争优势。以汽车工业为例, 80年代每装配一辆汽车, 美国用工量为33个, 而日本只需14个; 制造一台发动机, 美国要花6.8h, 而日本只需2.8h; 每辆日本汽车的成本比美国平均低1600美元。日本的本田公司还建成了世界上效率最高的作业线, 每隔42s就生产一辆汽车。

第四节 我国工业工程的应用和发展

我国在80年代初期, 首先在工业部门认识到工业工程的推广和应用将会对我国的经济发

展产生巨大的影响。机械电子部最早提出“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、方法进行探索。一些曾在海外学习、进修工业工程的专门人才，也深感在国内推广和应用工业工程十分必要。在社会迫切需求的推动下，首先由中国机械工程学会和有关高等学校、研究机构共同酝酿、成立了中国机械工程学会工业工程分会。从1991年开始每年召开一次全国性的学术会议。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村山乾一等参加。近年来，工业工程的研究和推广应用都很活跃，对我国的经济的发展产生了一定的影响。

在此期间，中国科学院院士王大衍也发表了在我国推广应用工业工程的呼吁，并组织科学院的有关研究所推动工业工程的研究工作，并亲自率领有关人员和机械工业部主管副部长讨论合作研究和推广应用工业工程。

工业工程在我国工业界推广应用的前景十分广阔。工业工程的一些技术，往往不需要或只需要很少的投资，就可以产生很大的效益。这项技术十分适合我国当前经济发展的需要。日本能率协会专家三上展喜受日本政府委托，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，生产效率就可以提高2~3倍，甚至5~10倍。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，就使生产效率提高1倍，产品合格率由85%提高到97%，并减轻了工人的劳动强度。又如第一汽车集团公司变速箱厂，从我国国情出发，推广准时化生产方式（JIT），运用多种现代管理方法，对生产过程中的人、机、料、测量、环境、法规等诸要素进行优化组合，变推动式生产方式为拉动式生产方式，即要求生产线上只在必要时生产后工序取走的那部分数量的零件，不允许超产多余的在制品，并要求所有后方部门充分发挥协作精神，以准时优质的服务保证生产工人连续不断地创造更高的附加价值，并使工序间的在制品库存量向零进军，将库存原材料压低至最低限度。经过一年多的实践，工厂面貌发生了巨大变化，取得了巨大的技术经济效果。主要表现在：

1) 有效地控制了制品数量，杜绝了超量生产，大大降低了流动资金占用量。1991年在制品流动资金占用由年初的700万元降低到年末的350万元，1992年月产量比1991年增长25%，流动资金占用减少到300万元。

2) 生产能力大幅度提高，实现了均衡生产，月产量也有显著提高。全厂实行多机床操作、多工序管理，人均操作3台设备，人工作业率从原来的27.7%提高到65%；生产工人比常规减少近一半，人均劳动生产率15.2万元。

3) 机电维修现场联合驻屯，走动管理，使设备故障停歇台时下降了80%。实施定置集配刀具、刀具直送工位、强制换刀、跟踪管理，使刀具消耗下降17%。

4) 产品质量稳步提高。1991年废品率下降33.5%，一次装配率由1992年初的80%提高到92%以上，质量事故频次明显下降。

此外，鞍山钢铁公司广泛推广应用工业工程技术，普遍修订岗位作业标准，取得显著效果。三年来，鞍钢建立了合理的操作程序34个，优化操作动作128个，提高工时利用率10%~25%，提高产品质量10%~20%，减少了事故时间60%，改善作业环境和调整不合理设备布局5处，缩短操作路线近万米，优化劳动组织、提高劳动效率20%左右。优化后的作业标准

都不同程度地减轻了工人的劳动强度，并使企业获得2000多万元的经济效益。

国内一些设计院研究和应用物流系统分析方法，显著改善了工厂设施的规划与设计工作。如原机电部第四设计院运用系统化平面布置与搬运系统分析方法，对某机械厂进行改进设计，使全厂38条物流线路中，运距超过300m的仅剩一条，特别是流量大的运输线路缩短了，突出的迂回交叉现象减少了。原机电部第七设计院为某新建的开关板厂进行了物流系统的优化设计，优化方案可使物流量减少8%~10%，即每年可减少物流量7000~9000t；搬运工作量可减少17.4%~24.4%，即每年可减少搬运工作量40~50万t，可节省搬运费用17%~24%。总之，该项目由于物流合理，并设计了三座自动化立体仓库，可以做到物料供应和生产均衡化，使该厂开关板生产周期由过去的三个月缩短到一个月以内，减少了流动资金占用量，并减少了占地面积和设备投资，提高了装配面积利用率，节约了能源，降低了运行费用，从而获得明显的经济效益。此外，在设施规划与设计方法上也有所创新，如工厂建模与模拟系统的开发、层次分析法在工厂布置设计中的应用、设施布置中的动态柔性方法以及设施规划与布置中的启发式网络方法等。

实践证明，一个领域的技术进步往往会对了解一个截然不同领域的现象产生强烈的影响，并对创造跨越传统学科界限的技术、设备、方法论做出重大贡献。例如，现代工业的一个重要特点是向大型化和自动化发展，大型工程自动控制系统是实现大规模工业生产安全、高效、优质、低耗的基本条件和重要保证。面临21世纪，我国将集中力量完善分散控制系统和大型工程计算机控制系统。与此同时，要加强计算机与软件产业的技术基础，重点解决专用集成电路(ASIC)技术、第四代计算机的工业生产技术、现代软件工业改造、外围设备配套技术。重点面向信息管理和传统工业改造，研制一批配套齐全的新型计算机设备。特别是适应用户多样化的需求，开发一批适用的柔性制造系统和计算机集成制造系统。

为此，需要积极研究与此相适应的工业工程技术。面对生产技术和组织结构的重大变革，工业工程要研究在这种新的环境中如何处理管理资源的协调、控制及管理模式的重大变革等一系列问题。例如，在高度自动化生产的条件下，国外有些企业，为了加快资金周转，节约流动资金，进一步提高经济效益，而开创了准时化生产方式，以保证生产系统适时供应、适时生产，并力求做到零库存、零缺陷。在生产和需求控制及材料需求计划工作中，美国制造业开发了MRP软件系统。该系统的基本目的，是通过处理大量信息和提出报告，帮助企业及时有效地执行生产进度计划，并确保中间工序和总装配需要的原材料和在制品均能及时按量到位。MRP是以产品而不是以零件出发，是以最终产品的预计需求，而不是以其零件的过去状况为基础。它是根据最终产品需求预测和产品零件表及其材料清单所列各种零件之间的关系，来计算所有零部件的未来需求。从本质上说，MRP是运用计算机模拟一个工厂制造过程中的材料流动，它在企业的物流系统中起着中心的作用，在第八章中还将对其作进一步的说明。

此外，有些工厂还开发了多机多产品制造单元中机器人动态送料规划、计算机故障诊断与维护生产控制系统等崭新的管理技术。还有些企业以总体效益最佳为目标，探讨生产过程的动态控制。沈阳鼓风机厂开发了计算机辅助生产管理信息系统，其主要功能是制定生产作业计划，下达车间生产任务及车间生产过程的监控。该系统在IBM4381计算机上MVS操作系统环境下，由IVS/VS数据库系统和CIC-S/VS数据通讯系统软件支持，联结了全厂各主要处室和8个车间，形成了一个由投入到产出的闭环系统。该系统投入运行后细化了生

产作业计划管理，并对生产的全过程进行严密监控，从而缩短了生产周期10%，增加了产值802万元，创直接经济效益111万元，产前生产准备周期从原来的50多天减少到5~7天。

柔性制造系统和计算机集成制造系统是一种很昂贵的设施，为了避免失败，必须事先进行周密的规划和总体设计。美国的普度大学在国家科学基金的资助下，曾专门研究了柔性制造系统的规划和优化运行的问题，并研制了一批专门的“设计”工具，其中包括柔性制造系统的各种仿真方法和数学模型。该模型仅需有限的输入信息量就能识别所规划的柔性制造系统的薄弱环节和富余能力，并提出总的生产率估计。利用该模型对一个在规划的系统结构进行计算机分析，只需要几秒钟，经过多种结构方案的分析比较，就可以对优选方案进行计算机仿真，以识别该系统结构可能提高生产率的程度，从而可以最终确定系统结构。还有些工厂研究了柔性制造系统中计划、调度和控制的方法和软件，开发了检验和选择这些规划的计算机仿真软件，并在柔性制造系统软件包中包括这类仿真软件，一起向用户提供。

当前，工业企业都很重视技术创新，从技术发明或发现到技术成果转化为生产力，直到把新技术产品推向市场，成为商品的全过程是一个完整的体系，一环扣一环，缺一不可。特别要重视转化的效率、效益和转化的管理。在现代社会，往往要通过合作的道路来推动技术创新，如工厂与大学、研究机构的合作，或者上、下游工厂与工厂之间的合作。一般可以采取多种合作形式来实现技术创新，如新技术创业中心、工程研究中心、科学工业园区、新技术产业开发区等。

加强工业工程专门人才的教育和培训，是在我国推广应用工业工程的关键。由于我国社会主义现代化建设事业需要大批不同层次的工业工程专门人才，我们必须建立一个能够培养各种层次工业工程专门人才的教育、培训体系，使工业工程教育、培训与工业工程的研究与应用相互推动、相互促进。

当前，国务院学位委员会已经批准设置工业工程专业研究生学位，1993年下半年已批准设立工业工程硕士授予点，1994年开始培养我国第一批工业工程硕士研究生。同时，国家教委也已批准在少数高等学校设置工业工程本科专业。西安交通大学和天津大学已于1993年秋季招收了工业工程专业的大学生。

但是，为了更快地培养出一批工业工程师，首先要抓紧继续工程教育，尽快从现有工程技术人员和管理人员中培养一批工业工程师。现在，国家自学考试委员会和原机械电子工业部，联合批准机电工程师进修大学从1993年开始开考工业工程自学考试，招收具有实践经验的大专以上毕业生，经过规定课程的自学考试，合格者可获得工业工程学士学位。同时，还将在有些地区适当发展函授教育。

另外，中国机械工程学会工业工程分会将统筹安排，举办各类专题培训班，逐步形成遍及全国的工业工程培训网络。

当前，我国工业工程的研究和应用刚刚起步，但发展迅速，方兴未艾。我们必须认真学习这项人类文明所创造的宝贵文化财富，进一步加强国际学术交流，广泛吸收世界工业工程发展的信息和宝贵经验，促进我国社会主义市场经济的繁荣和发展。

第二章 生产系统的组织与管理

一般说来,工业企业生产任何产品,都要经过产品设计、工艺制定和生产制造等生产过程,因此,如何合理和有效地设计和组织生产系统是企业生产管理工作的主要内容。通过对各种生产要素以及生产过程各环节、阶段和工序的统筹安排,使它们在空间上能做到合理配置,在时间上能做到紧密衔接,从而形成一个既和谐又协调的生产系统,是生产过程设计和组织的主要目标。但是,由于现代工业企业组织生产的复杂性,尽管企业制定了生产计划和生产作业计划,对生产过程作了合理的组织和安排,在计划实施过程中还会遇到种种难以预料的情况和干扰,例如:设计图样出了差错,工艺规程不尽合理,生产作业计划安排不当,原材料或在制品不能及时供应,毛坯质量欠佳,机械加工出现大量废品,动力供应不足等等。如果不及时采取有效措施,就会导致生产过程不能顺利进行,甚至被迫中断。所以说,生产过程的控制是生产管理的一项重要职能。总之,只有合理地设计和组织生产系统,并加强对生产过程的计划和控制,才能有效地生产出价廉物美的产品,以满足社会不断增长的需要。因此,本章除概略介绍了生产系统外,还介绍了对生产过程系统的基本要求、生产过程系统的空间组织和时间组织,以及先进的流水生产系统的设计和组织的,最后,还介绍了生产过程控制的有关内容。

第一节 生产系统概述

自从本世纪50年代以来,世界上技术经济的发展又有了重大的变化,主要可以从以下几个方面来看:

1) 从生产社会化方面看,自50年代以来,特别是现在,国内外许多先进的工业企业,其生产所需原材料和产品的销售,愈益具有国际性。也就是说,从国际市场上购进生产所需的原材料等资源进行生产,生产出来的产品再向国际市场销售,这是一个很大的变化。这给企业在生产经营管理上带来一系列新的因素和新的问题,从原材料的来源一直到产品的销售等整个过程,需要一系列战略性和战术性的预测和决策,这就需要有足够丰富的信息资源,也就是对信息的收集和传递要求正确和及时。因此,有人称当今的社会是“信息化”的社会。如果仍然依靠过去那种人工报表方式来收集和传递信息,已远远满足不了今天的需要,这就要求企业生产管理有一个质的飞跃。

2) 从满足社会需要来看,50年代以来,由于科学技术的迅速发展,技术更新的速度大大加快了,这就势必对工业产品提出多样化的要求,即要求工业企业生产更多品种和规格的新产品。企业生产品种的增加,每种品种数量的减少,就会对企业生产系统的组织等带来一系列新的课题。

3) 从工业产品本身来看,由于生产技术的不断发展,工业产品本身也朝着大型化(或小型化)、精密化、多功能化方向发展。今天一个产品往往不是由几十个零件或几百个零件所组成,而是由成千上万个零件所组成,再加上产品品种众多,这就会对如何合理组织和安

排这些产品零件的生产过程，提出了更高的要求。

4) 从科学技术和生产发展来看，今天的社会已经到了“综合化”的社会，科技生产已经从40~50年代以来的突破型技术如原子能、半导体、高分子塑料等，发展到宇航技术、计算机控制生产技术等的综合型技术，这就要求在纵向上，使基础研究、应用研究、开发研究和设计制造等有机结合，在横向上，要求有关的各类学科密切配合和协调。

5) 从生产与经济关系来看，今天的社会已经到了“最优化”的社会，要以最少的消耗来获得最大的经济效果。今天已不仅仅是依靠提高机械化自动化程度的“硬技术”来提高劳动生产率，更重要的是要依靠改善生产组织和管理的“软技术”来创造财富。

综上所述，今天的工业生产领域正处于“信息化”“多样化”“复杂化”“综合化”和“最优化”的社会之中。在这样的社会中，其生产特点是：生产部门的分工愈来愈细，但相互配合协调的要求却愈来愈高，各种生产经营问题影响因素愈来愈复杂，但对情况的反映（信息）和决定（决策）的作出则愈来愈要求及时。所有这些都对生产组织和管理工作提出了更高的要求。为了适应和满足这种要求，已经不是增加一些设备、增添一些人员所能根本解决的问题，而必须把生产管理从科学管理过渡到现代化管理或叫做系统化管理阶段。系统化管理，就是把整个企业当作一个系统来对待，在科学管理的基础上，合理改革管理体制，应用运筹学等优化技术和电子计算机等先进工具，对企业生产经营活动进行规划、组织、指挥、协调和控制。系统化管理的标志就是：管理决策科学化、管理方法最优化、管理工具现代化和管理体制最佳化。

一、生产系统定义

生产系统就是将生产有关的固有技术和计划、设计、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，或者叫做集成生产系统（Integrated Manufacturing System 简称 IMS）。它是根据人们的意图，同时通过人们的控制的有明确目的的一种人造系统。

现代工业企业的生产系统与计算机有着密切的关系，典型的有：计算辅助设计（Computer-Aided Design，简称 CAD）和计算机辅助制造（Computer-Aided Manufacturing，简称 CAM），还有计算机集成生产系统（Computer Integrated Manufacturing System，简称 CIMS）等。

二、生产系统的基本构成

图2-1所示即为生产系统的基本构成。由图可知，生产系统是由产品计划子系统、技术信息处理子系统、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的说明。

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、规格及其数量等。产品计划所提供的信息对以后一系列的决策是至关重要的。

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个部分的内容。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的性能和质量要求，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

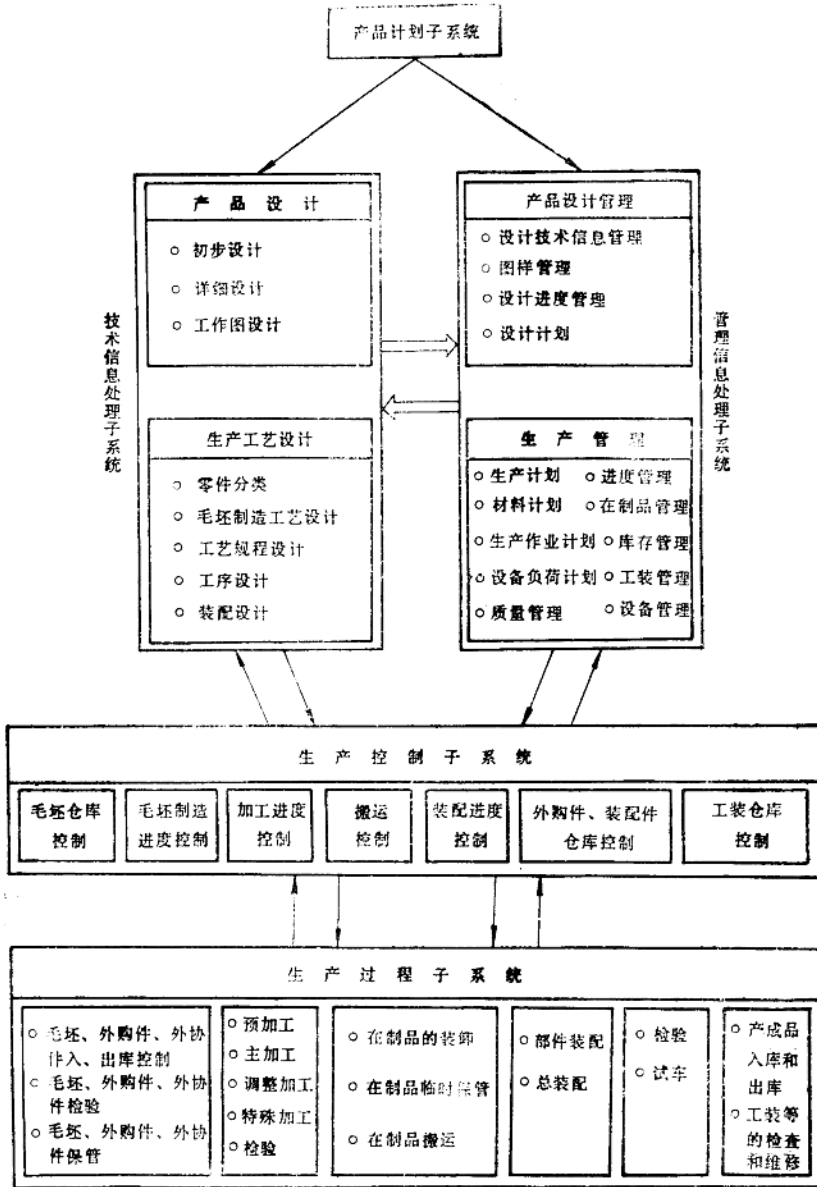


图2-1 生产系统的基本构成

艺装备设计等。

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个部分。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，必须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。

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、外购件和零部件仓库、工艺装备仓库等的活动过程和进度。

5. 生产过程子系统

它是指从原材料、毛坯等投入生产开始到成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2-1中可以看到，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、生产控制等子系统所组成的信息流（Information Flow）和生产过程子系统所组成的物流（Material Flow）两大部分所构成。

三、生产形态

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。

1. 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、汽车等工业产品的生产。一般说来，装配所需的零、部件多数是企业自己生产的，也有部分是外购的。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。流程式生产也可叫做连续式生产，一般如化肥、炼铁、炼油、发电等工业企业就属于流程式生产形态。

2. 计划生产和订货生产

这是根据计划期内产品销售量预测或订货量等信息来进行的分类。所谓计划生产，就是根据上级部门下达的指令性计划产量以及通过市场调查、预测和判断所得到的市场需求量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生产的一种生产形态。通常，顾客订货的产品中有不少是需要重新设计的新产品。

3. 大量生产、成批生产和单件生产

这是根据产品品种多少和产量大小等来进行分类的。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。单件生产类型的特征正好相反，其产品多数属于市场需求量少、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、数量少，生产条件经常变化，工作地专业化程度低等特征。成批生产类型是介于大量生产和单件生产类型之间的一种生产类型，其特征是产品品种较多、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。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2-1所示即为各种生产类型的技术经济特征。

表2-1 各种生产类型的技术经济特征

技术经济指标	生产类型	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	在同一机床上轮番地加工几种零件	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，有部分选配，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	采用粗略的工时定额标准
产品品种		较少	较多	多、不定
产量		很大	较多	很少、单件

总之，由产品的性质及其生产技术特性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。而在所有生产形态分类中，由表2-1所示可知，对生产系统组织和管理影响最大的是生产类型。

四、生产系统的制约环境

在设计 and 组织生产系统时，需要充分考虑到和认识到围绕生产系统的各种环境因素和制约条件。

由于环境因素和制约条件是随着时间变化而变化的，有的变得不重要了，有的变得更加重要或更加严峻。例如：生产资源、能源等的物化环境，人口年龄高龄化的劳动环境等的变化就是典型的事例。一般说来，生产系统总会受到自然、社会、国际、劳动、技术等5个方面的环境影响和制约，如图2-2所示。图中还列举了5个制约方面的一些主要项

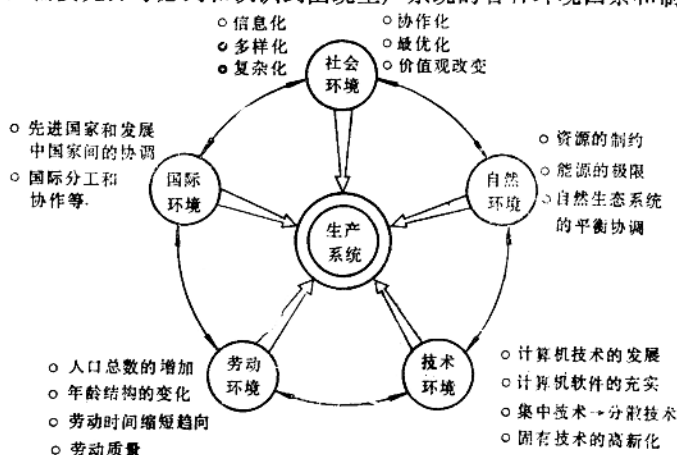


图2-2 生产系统的制约环境

目。例如：以技术环境来说由于计算机技术和人工智能等的日益发展，近年来，除了计算机辅助设计和计算机辅助制造系统不断涌现外，还纷纷建立了计算集成生产系统（CIMS）。此外，管理信息系统（MIS）、决策支持系统（DSS）、专家系统（ES）等等，以及图像、图形、声音、汉字处理等技术的发展，所有这些都对生产系统有直接的重大的影响。又如在社会环境中，由于需要的多样化，因此，促使企业朝单件小批生产类型发展，同时，鼓励用户参与生产系统的开发。所有这些都对生产系统有很大影响。所以说，充分认识和掌握周围环境因素变化及其对生产系统的影响程度，这对生产系统的开发和及时调整是相当重要的。

第二节 生产过程组织的基本要求

生产过程组织的基本任务是：在按生产计划完成规定的产品品种、质量、数量、完成日期等条件下，保证产品制造的流程最短、时间最省、耗费最少，以提高企业的经济效益。一般说来，装配式生产过程较为复杂，因而在生产组织和管理上最具代表性。故下面将对机械制造工业企业生产过程组织的基本要求进行分析和研究，以了解或掌握生产过程组织和管理的基本内容。

从广义上说，机械制造工业企业（以下简称企业）的生产过程由以下 5 部分组成：

1. 基本生产过程

即直接改变劳动对象的物理和化学性质，使之成为企业主要产品的过程。如企业的毛坯制造（铸件、锻件等），零件加工（切削加工，热处理等）和部件、产品装配过程等。

2. 辅助生产过程

为保证基本生产过程正常进行所从事的各种辅助性生产过程。它通过产品或劳务直接为基本生产过程服务。例如，生产基本生产过程所需的工、夹、量具等，以及为基本生产过程提供工业性服务，如设备维修等。

3. 附属生产过程

为基本生产过程提供所需的附属材料等的生产过程。如生产供基本产品包装用的包装材料的过等。

4. 副业生产过程

利用企业基本生产过程中产生的边角余料或废料等生产副产品的过程。如飞机制造厂生产铝制品、锅炉厂生产液化气罐等。

5. 生产服务过程

为基本生产、辅助生产过程等所进行的各种服务过程。如对原材料、半成品、工具等的保管和运输，试验和理化检验等过程。

生产过程各组成部分之间既相互有所区别，又有着密切的联系。其中，基本生产过程是主要的，其他生产过程都围绕着基本生产过程来进行，并为基本生产过程服务的。但是，某一生产过程是属于基本生产过程还是属于其他生产过程，不是固定不变的，同时并不取决于生产过程的技术性质和特点，而是取决于它的成果在企业中的地位和作用。例如：工具制造、动力生产等在机床制造厂、汽车制造厂中均属于辅助生产过程；而在工具制造厂、发电厂等则属于基本生产过程。总之，将企业生产过程划分成基本生产过程等若干个组成部分，可以使企业分清它们在企业生产系统中的地位、作用和相互关系，便于使企业抓住主要