

第 1 章 工业工程学科形成和发展

工业工程 (industrial engineering, IE) 学科已有 100 年的发展历史。它起源于泰勒的科学管理理论；“二战”前后，由于运筹学的兴起，使该专业的发展找到了理论基础，应用更为广泛，这时，IE 已发展成为成熟和独立的学科。计算机的普及为 IE 的学科研究和实践提供了量化和精确化的条件；网络技术的完善使 IE 的研究进入了全球化范围。IE 的基本任务是：将一个组织的各种资源集成为系统，并对这样的系统进行规划、设计、实施和改善，使得它能高质量、高效率地运行。本章概述 IE 发展历程、学科定义、学科的基础及学科的基本职能；概述它在发展中国家各个领域内的应用，在我国的初步实践及其在各类组织中应用的前景。关于管理的一般职能，特别是关于在管理中如何考虑人的因素问题，本书没有专门章节讨论，故只在本章最后一节予以简要的介绍。

1.1 工业工程学科形成和发展的四个阶段

工业工程从 19 世纪末、20 世纪初在美国诞生起，已经有 100 年的发展历史。总结一下它的发展历程，大致可以分为四个时期，现简述如下。

1.1.1 科学管理时期

科学管理时期既是“工业工程”也是“工商管理”的孕育和形成时期。管理的这两个重要学科虽然来自大学的不同系科：“工业工程”（industrial engineering，简称 IE 来自工学院；“工商管理”（business administration，简称 BA 来自商学院，但他们诞生于同一母体——泰勒的科学管理。图 1.1 是美国两个学会发展变化的历程。从图中可以看出，在二战之前，这两个专业的成员来自大学的不同系科，却在同一学会活动，时合时分，一直延续到二战结束，美国各大学普遍成立 IE 系后，IE 才与 BA 分开而各自发展。

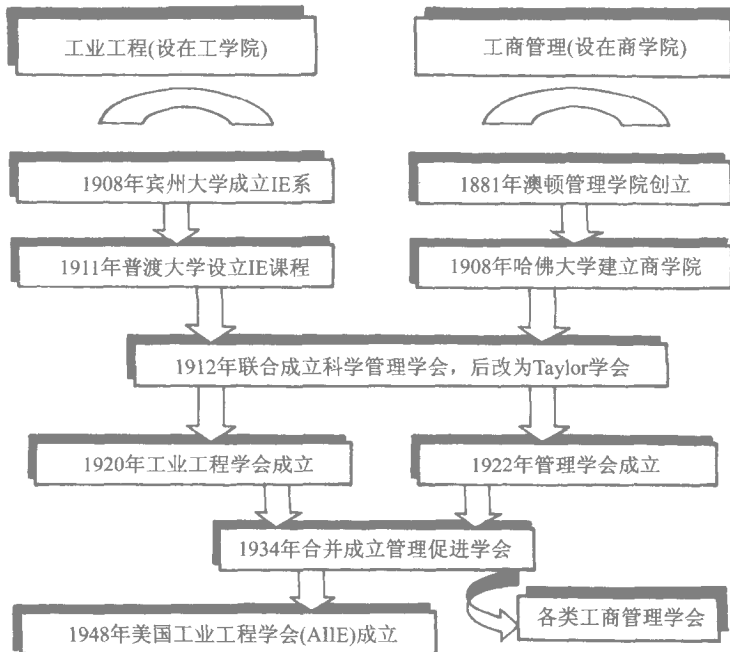


图 1.1 美国工业工程与工商管理的发展历程

科学管理时期的特征是，先驱者们开始有意识地总结人们在生产活动中积累的经验，并把它们标准化，以此指导和训练操作者，使他们能更有效地工作；同时更注意劳动群体的组织、协调和计划。这个时期的代表人物是泰勒（F W

Taylor) 他在 1911 年出版了《科学管理原理》，该书反映了这一时期具有代表性的理论，其基本观点可以概括为如下几点：

- (1) 科学管理的核心是提高工作效率；
- (2) 挑选最合适的工人，按科学的方法训练他们，让他们掌握科学、合理的“标准的工作方法”，以此作为制订劳动定额的依据；
- (3) 实行刺激性的工资报酬制度，激励员工努力工作；
- (4) 应将计划控制职能与执行操作的职能分开。

可以看出，泰勒科学管理的基本思想是：训练、计划、管理，目标是提高劳动生产率。

动作研究和时间研究是这一时期主要的研究活动。吉尔布雷斯 (F B Gilbreth) 是这一方面的杰出代表。他在泰勒的影响下，与他的妻子共同开创了动作研究，把工人的操作细分成许多“动素”，为动作研究提供了基本方法。1933 年美国把 IE 学科的第一位博士学位授予动作研究和时间研究的学者巴恩斯 (R M Barnes)，他后来出版的《动作与时间研究》至今仍是这一方面的经典。稍后，莫根森 A G Mogenson 提出的“工作简化”(work simplification) 方法，进一步发展了动作研究。动作研究和时间研究为车间作业标准化和工时定额的制订奠定了基础，这对提高工作质量和提高工作效率具有重大意义。虽然动作研究和时间研究被认为是传统工业工程所从事的基本工作内容，但它仍是现在的 IE 工程师所经常从事的工作。

在这一时期管理理论创建者的代表人物中，还应该提到的是法国的法约尔 (H Fayol) 他提出了 14 条管理原则；另一位是韦伯 (M Weber) 他认为行政组织体系是最理想的组织形态。两位被认为是行政管理理论的创始人。

1.1.2 运筹学时期

在 IE 发展过程中，一直在寻求理论的支持，但在二战前，不管是社会科学还是自然科学（数学）都还没有哪个分支已经成熟到可以支持 IE 的程度。二战期间，英美两国为了解决战争中物资的调度和充分利用，曾针对一些具体问题，组织各个有关领域的专家组成专门小组，用严格的科学方法建立数学模型，选择最优的解决方案。最典型的例子，如伦敦的防空系统的布局，太平洋海域的布雷。另一方面，在经济领域，由于电话和通信事业的发展，开始并推进了排队论的研究；为了解决经济冲突和协调问题，推进了对策论的研究；经济的发展促进了宏观经济优化和控制模型的研究，等等。战后这类研究更加活跃，无论在理论还是实践的研究上都取得了突破性的进展。这些数学方法包括线性规划、整数规划、排队论、存储论、对策论、资源分配、运输问题和网络理论等。这些数学方法具有一定的共性，即用搜索或其他的方法寻求实际问题的最优（或满意）解。人们把

这些数学方法统称为“运筹学”(operations research, OR)。运筹学一诞生就为 IE 研究人员所注意并加以应用。从此, IE 中的许多问题(如存储管理、物料的调度和运输、工厂选址、设施规划、项目管理等)有了定量分析的数学工具。从理论上说,不管是工业企业还是银行、医院、学校的管理,有了运筹学这一数学工具,就可以进行建模和分析了。实际上,运筹学可以用来确认、规定和描述各种类型的系统,它是一种抽象的、通用的建模和分析工具,为设计更新、更复杂的系统提供了理论基础。至此, IE 分析研究进入了定量化的阶段。

运筹学的产生和发展是与大型系统的规划和优化相关联的,如战争中的物资调度和规划,煤炭和港口运输的规划,关系国计民生的水、电、气、煤等公共事业的规划等。随着资本主义国家私有化进程的加速,生产中的反政府控制、反计划倾向日益增长;复杂多变的市场使得预测和计划愈来愈显得无力,管理更倾向于扁平化结构,控制方式已逐步从集中转向基层;新的管理理论,如学习型组织、虚拟企业、核心竞争力等不断出现并在实践中取得成效,这使得运筹学应用的比例和地位逐年下降。另一方面,后来的运筹学研究也存在只重视模型和算法的精巧性,忽视实际管理问题的复杂性等倾向,因此,进入 20 世纪 90 年代 运筹学研究和应用出现衰退。许多运筹学工作者经过反思,认为企业中有大量问题需要利用运筹手段解决,只要运筹学工作者走向实际,开拓新的应用领域,在生产、经营和解决社会问题等方面仍大有可为。特别在我国,经济处在高速发展阶段,经济的规划和宏观控制更显得重要,因此,运筹学是十分有用的工具。近年来,在许多理论和实际工作者的努力下,运筹学发展得更为柔性,可以融入决策者的偏好和判断,因而解决的管理类问题就更多。

在讨论 IE 分析研究的量化问题时,应特别提到美国贝尔实验室休哈特(W Shewhart)的统计质量控制。他在 1931 年出版的《制造工业产品质量的经济控制》一书,就提出了用抽样检验原理对产品的质量进行控制的方法,但一直到二战前后才引起了广泛的注意,并导致了整个制造业的质量管理普遍而广泛地开展。在这一时期,概率论和数理统计方法也在 IE 研究中得到了应用。

战后,随着生产的飞速发展和学科理论基础的确立,工业工程得到了迅速的发展,1948 年美国工业工程学会(AIIE)正式成立 紧接着在 11 所大学成立了分会。1949 年 6 月,AIIE 的会刊《工业工程杂志》出版(后来,1969 年 该刊分成两种杂志:一种是《工业工程》月刊,主要刊登工业工程实践经验的文章;另一种是《美国工业工程学会学报》,主要刊登该专业的研究性学术论文)。至此,IE 学科已经发展成熟。在美国,通常把工业工程与机械工程、电气工程、土木工程、化学工程并列为五大工程。

1.1.3 定量和精细化时期

运筹学的诞生为 IE 学科的发展奠定了理论基础。从理论上说,任何系统的规划问题都可以用运筹学方法进行建模和分析。但是,由于用手解运筹学问题,计算量太大,以至于对实际问题,运筹学无能为力。20 世纪的 60 年代、70 年代数字计算机开始逐步普及,这为利用运筹学解决实际管理问题提供了现实可能的条件。有人举了这样的例子:假设有 70 条船向 70 个港口运货,要制订一个运输费用最低的方案,如果用枚举法计算,计算方案有 $70! \geq 10^{100}$ 个这样的问题不要说用人工求解,就是用当今最高速的计算机求解也是不可想象的;但是,借助计算机用线性规划的单纯形法求解,只需几秒钟时间。这说明,运筹学与计算机的结合具有巨大的威力。目前,已经有一些运筹学软件(包括微软的 Excel)可供各种实际问题使用,效率比较高,这为 IE 问题求解的定量化和精细化提供了有力的工具。

在管理定量化和精细化方面,要提到的还有计划管理方面。从 20 世纪 60 年代开始,在美国企业中实施的物料需求计划(MRP),发展到现在的制造资源计划(MRP II)和企业资源计划(ERP),企业的计划工作的数量化和精细化方面已有了质的飞跃。像汽车、计算机、航天器这样的产品,其组成零部件数多到几万、几十万甚至上百万,采用人工编制包括原材料、零部件的采购、制造,以及机器装配的生产计划,需要几个月甚至更长的时间;而在市场信息千变万化的今天,生产计划的变动期已经缩短到周甚至到天。为了满足市场的需求,国际上的知名软件厂商开发了多种运行质量可靠的 MRP II 和 ERP 软件,为现代企业生产计划的数量化和精细化提供了有力的工具。

如前所述,由于经济的全球化发展,市场瞬息万变,计划和预测变得软弱无力,管理的精确化也遇到了空前的挑战。

1.1.4 经济全球化和网络化时期

20 世纪 90 年代以来,经济进入了全球化时代。全球化经济包括全球化制造、全球化市场和全球化服务。由于信息和网络技术的飞跃发展,地域之间的距离只存在于实物的运输方面。经济发达国家可以方便地将他们的技术和管理转移到国外,充分利用发展中国家的廉价劳动力和原料,在国外设厂生产,然后将产品就地或就近销售。有的则利用全球不同地区的不同优势,生产不同的部件,再送到第三地装配。这就是全球化制造。这对我国也不失为一种机遇。全球化制造迫使制造企业把注意力转向企业外部,因为这时企业仅依靠过去的单层和单纯的采购和销售网络已经不够了,供应商和客户都是多层的,而且制造商与多层供应商和客户只有建立了利益共享、信息共享、风险共担的合作关系,才能取

得“双赢”。这就是供应链管理。供应链管理是近年来 IE 研究的热门课题。

全球化市场的形成，使得企业的竞争焦点从质量、成本转移到如何更好更快地满足顾客多样化的需求上。一方面要求制造企业增加自身的柔性，能快速地开发适合市场需要的新产品，快速地进行工艺重组；另一方面，企业更需要寻求合作伙伴。由于市场的迅速变化，企业要快速响应这种变化，完全靠自己的资源往往是不可能的，譬如说，你万物具备，只缺一个关键设备，那你就得联合有这种设备的企业做你的合作伙伴。在网络时代，合作伙伴的信息比较容易找到。这种以一个制造企业为核心，联合一些合作伙伴组织的临时合作组织，就称为“虚拟企业”或“动态联盟”。这种组织之所以要冠以“虚拟”二字，就因为它不是一个有领导关系的组织，它只是为了生产某种产品或提供某种服务而组织起来的临时组织，成员之间只存在合同和利益关系，一旦任务完成，组织就解散。虚拟企业也是近年来 IE 研究的热门课题。

在经济全球化时代，产品的销售也会逐步网络化，至少有相当一部分产品可以网络销售。网络发展为许多企业的成功创造了机会，DELL 电脑的成功就是很好的例证。

从以上的简要叙述中可以看出，在经济全球化和网络化时期，信息技术是一种特别重要的工具和载体。没有信息技术的支持，经济全球化是不可想象的。

1.2 工业工程在工业先进国家的应用

大家知道，一个企业的基本任务就是以较少的投入，经过生产或运作过程得到较多的产出，以取得必要的经济效益和社会效益。要使生产过程能够高效地进行，生产运作管理是头等大事。生产运作管理的三个基本任务是：质量、成本、交货期，即所谓 QDC 管理。这也正是工业工程的基本任务。许多先进国家正是依靠 QDC 管理，使工业生产迅速发展并在竞争中获胜的。最典型的例子是日本工业生产的起飞。大家知道，日本在二战后，经济百孔千疮，产品质量低劣的状况没有根本改变，这成为制约日本经济发展的关键。后来美国教授戴明（W E Deming）和朱兰（J M Juran）去日本，从教育和培训着手，帮助日本改进质量，并大力普及和推广科学管理。20 世纪 70 年代在石油危机冲击下，日本又从生产管理入手，创造了一种以杜绝一切浪费为目标的准时生产制（JIT）后来它成为全世界公认的生产管理最好模式之一。日本主要通过生产管理的不断改进，终于在 1980 年在汽车、家用电器、造船、钢铁和机械等许多领域超过美国并占领了世界市场。在 80 年代，日本大量收购了美国的若干大型企业，在这种情况下，有人甚至主张美国退出整个制造业。美国的制造业曾称霸世界，但没有竞争的威胁就容易停滞。著名的管理专家怀特（O Wight）在这时考察了美国的一些

典型企业，发现了许多由于管理不善而出现的生产混乱现象，如质量不稳、库存增加、交货延误、顾客取消订单，等等。他及时提出“制造业是社会财富的基本源泉”的著名论断，并大力推进管理改革；著名大学 MIT 还组织了一批教授和专家，花巨资对日本的汽车生产管理进行了长时间深入的考察和研究，将日本汽车生产的管理方法定名为“精益生产”(lean production)，并结合美国实行 MRP II 的经验，提出了一整套管理改革的建议方案。经过 10 年的努力，美国反败为胜，到 1990 年又在汽车、微电子、计算机等许多行业再次领先。在美国《商业周刊》的 1990 年世界企业排名表前 50 名中，美国占了 28 名，第一名是美国通用电气。美国在管理方面接受了过去的经验，又根据近年来市场需求的变化，提出了一系列改革思想，如可重组制造、虚拟企业等。

日美竞争的事例，证明了管理是决定国际竞争成败的关键武器。研究证明，20 世纪 90 年代美国生产率每年平均递增 2.5%，其中劳力因素为 0.5%，资金因素为 0.4%，管理因素为 1.6%，而管理因素中生产管理是主要因素。在先进国家中，生产运作管理工作主要由工业工程师担任。研究已经证明，像 JIT 和 MRP II 这样现代化的管理模式，由工业工程师来做是最合适的。因为，管理这种模式的人员既需要有较强的工程背景又要懂得管理，还必须具备熟练的计算机应用能力。这三方面能力的培养正是工业工程专业教学所并重的。

IE 发源于美国，1948 年成立的美国工业工程师协会 (AIIE)，到 1981 年，AIIE 的会员已遍及世界 80 多个国家，后来通过会员投票，将 AIIE 改成 IIE。去掉代表美国的 A 字表明，工业工程专业已是世界性的专业了。与此同时，工业工程的教育也有很大的发展。到 1990 年美国有 150 所大学的工学院设有工业工程系，其中 92 所经美国工程技术资格评定委员会 (ABET) 论证通过，可招收硕士生。1960 年前，IE 专业毕业的博士总共不到 100 人，可是到 1990 年，每年就有 175 名 IE 博士生毕业。在美国、日本等国的大中型企业，都设有工业工程部，并设有工业工程师职业岗位。随着软科学在企业发展中重要作用的增大，工业工程师就业人数的比例也逐年增加。据美国劳动统计局的统计，1990 年，美国工业工程师就业人数已占全部工程师就业人数的 8.9%，预计到 2000 年还要增加 19%。

美国国家研究院提出的 2020 年制造业的六大挑战和 10 项技术 (内容见第 14 章)有一半是与工业工程的研究领域有关，如并行工程、可重组制造、企业建模与仿真、人员的教育和培训等。

1.3 工业工程引进我国后的迅速发展

解放前，我国的一些大学设有与 IE 类似的系科，如国立交通大学在 20 世纪

30 年代设有“实业工程”系。解放后，我国长期实行计划经济，与国外又很少交流。因此，工业工程系在高校院系调整后被取消，直至改革开放后的 20 世纪 80 年代末才受到国人的注意。我国原机械工业部在 1990 年初完成了关于在我国推广应用工业工程的可行性研究，并成立了相应的研究机构。1990 年 6 月在天津召开了我国第一次 IE 学术会议，在会上成立了 IE 研究会。同年 12 月，上海机械工程学会成立了 IE 分会。与此同时，原国家教委开始考虑 IE 人才的培养问题，1992 年 9 月，开始招收 IE 专业的“自学考试”的本科生。1992 年 9 月，经原国家教委批准，西安交通大学、天津大学开始招收 IE 专业本科生，清华大学等开始招收 IE 专业的硕士生。以后，我国的许多名牌大学纷纷成立 IE 系，开始 IE 专业的学科建设。到目前，我国设有 IE 专业的高等学校已有 70 多所。1996 年，上海交通大学与德国 Springer 出版社合作，主编并出版了《工业工程与管理》杂志；不久，广东工业大学也主编并出版了《工业工程》杂志。在主管部门的支持、推动和 IE 专业人员的不懈努力下，IE 的理念开始为我国企业的高层领导和许多管理人员所接受，IE 技术和方法也开始在一些企业特别是合资企业推广应用。但总的来说，在我国工程技术人员和管理人员中了解 IE 的人还不多，应用 IE 技术获得巨大经济效益的企业还很少。特别是，在我国的国有企业中还没有建立起“工业工程师”岗位责任制度，这在很大程度上阻碍了 IE 在我国企业的推广。

在论述我国工业工程研究和应用状况时，很有必要提一下与工业工程相关的专题研究的发展。其中之一是我国的质量管理；之二是计算机集成制造系统 (CIMS) 的研究。这两个专题在研究或实施方面都做得相当出色。

质量管理实际上是工业工程专业内容的一部分。一个发展中的国家要振兴工业，在千头万绪的工作中，有一个关键的工作就是不断提升产品的质量，这就得靠质量管理。有鉴于国外的经验，我国在改革开放后，在高速发展工业生产的同时，在企业中普遍开展了全面质量管理工作。1997 年成立的“中国质量管理协会”（现改名为“中国质量协会”）及其各省市分会，为在我国推行全面质量管理做了卓有成效的工作。现在，全国已有 3 万个团体会员和 30 多万个人会员，企业基层的 QC 小组已有 1000 多万个。ISO 9000, ISO 14000 及 HSAS 18999 的认证工作正在全面开展之中，全国已有 30 多家经过权威部门批准的认证机构，接受企业认证的申请。上海市质量管理协会是全国最大的一个分会，有团体会员 1100 个单位，设有上海质量科学研究院、上海质量体系审核中心、用户评价中心、上海朱兰质量研究院和上海质量管理教育培训中心等实体机构，还出版了《上海质量》杂志。由上海质量体系审核中心通过质量认证的企业已有 3000 余家。

CIMS 研究是在 1986 年我国实施“863”计划时开始的，它的原意是各项单

元技术通过计算机予以集成，单元技术包括：加工中心、计算机辅助设计及制造 (CAD, CAM) 和计算机辅助生产计划 (CAPP) 等，目的是借鉴北美和欧洲全盘自动化的经验，推动我国先进生产技术的发展。CIMS 这个项目的研究与实践，由于得到高层领导的高度重视、政府部门的大力支持和有一批知名专家的直接参与，因而，不管在经费的支持力度、参与研究人员之多和研究成果推广的广泛性，在我国研究历史上都是空前的。现在我国已建立了国家 CIMS 工程研究中心和若干个 CIMS 国家实验室；数以百计的项目研究计划已经完成并通过验收；一批 CIMS 示范工程已经运转，几乎每个省、市都有，有些示范工程，如北京第一机床厂、山西经纬纺织机械厂、成都飞机制造厂等都取得了很大的成绩；据了解，我国已经引进了 1000 多套制造资源计划软件 (MRP II) 有一部分运行得很好；1996 年 国家又将 CIMS 列为“九五”计划的 15 项重点科技项目之一，并且仍会被列入“十五”研究计划之中。当然，由于国际上的一些工业先进国家放慢了制造业自动化的步伐，我国的这项研究计划也作了调整，即放慢了发展速度，提出了“效益驱动、总体规划、分步实施、重点突破”的指导方针。但是由于这项研究的广泛性，我们企业的高层领导、广大工程技术人员和大学师生普遍地接受了一次先进制造技术和现代管理理念的教育。我国已经闭关锁国许多年，我们需要这些现代理念和先进的方法。当前，全球性经济已经到来，顾客需求日益多样化，市场也瞬息万变，竞争愈演愈烈。为了能够在这种环境中保有竞争力，企业不但要有先进的生产设施，特别需要先进科学的管理方法，以便能快速地响应市场。近年来在管理方面出现的一些新理念和新方法，例如：顾客潜在需求的探求、企业过程重组、虚拟企业(或动态联盟)、供应链管理、双赢战略等等。随着 CIMS 研究的开展，这些先进的管理理念广泛地传播开来，这些也都是近年来国外工业工程研究的热点。可以认为，CIMS 是 IE 的兄弟，或者说 CIMS 本身就是 IE 研究的范畴。从项目内容看，CIMS 是先进制造技术和现代工业工程方法结合的技术。

1.4 工业工程学科定义和工业工程师的职能范畴

1.4.1 工业工程的定义

工业工程学会 (IIE)对工业工程所下的定义如下：“工业工程是研究由人、物料、信息、设备和能源构成的集成系统的设计、改进和实施的。它应用数学、物理学和社会科学的知识和技能，结合工程分析和设计的原理与方法，去说明、预测和评价由这样系统得到的结果并予以改进。”由此可见，工业工程是培养具有综合管理能力的工程管理人才。分析这个定义，可以认为工业工程具有如下一些

特点：

(1) 工业工程师所设计或运行的系统是包括人在内的系统，这就要求工业工程师不但应有扎实的自然科学基础知识，而且还必须具备社会科学和人文科学的知识，懂一些人的生理和心理特征，能处理好人与人、人与物的关系。关于这个问题我们将在以后再作讨论。

(2) 与早先 AIIE 的定义比较可知，在上面定义中的系统，增加了信息和能源两个重要的元素。时代发展到今天，任何一个高效运行的生产或服务系统，如果没有信息流和物流同时流动，那么生产中的物流都不可能通畅、及时、高效地流动，因而，整个生产系统就不可能很好地运行。在这里，能源不仅作为系统的动力，显示了它的重要性，而且节约能源问题也已是摆在人类面前的重大课题。

(3) 工业工程不仅要设计新的生产或服务系统，而且更强调要改进现有的系统。在通常的情况下，设计的新系统往往是从老系统进行改进得到的。改进或改善的主要对象是正在运行中的系统。“不断改善”是工业工程师所不懈追求的。

(4) 不懈追求“不断改善”就必须对“改进”进行评估。这只是从一个具体改进说的。对一个企业，还必须从整体方面进行改进。目前，在国际很流行的“水平比较法”(benchmarking 或译为“标杆管理”)就是企业追求不断自我完善的一种方法，是一种“树立一个样板，把自己与之对比从而找出差距，不断改进”的管理方法。

(5) 工业工程师设计的生产管理系统，应该是集成的系统，追求的是企业的整体效益。

讲了工业工程的定义，我们就自然地要提到“系统工程”。自从 1957 年“系统工程”一词确立以来，这一学科一直在发展，至今对这一学科还没有统一的、权威的定义。我们参考了有关文献，把它定义如下：“系统工程是通过对系统的分析、规划和设计，以充分发挥系统中物料、设备、人员和资金的作用，达到最佳效果的一种理论性的技术。”将这个定义与工业工程的定义比较可以看出，二者是非常相似的。我们可以说，工业工程是系统论的一种具体应用。系统工程的数学基础是运筹学，它的方法学基础是系统论。因此，我们不把系统工程看作是工业工程的数学基础；但是，从方法学上讲，系统工程也是工业工程的基础。事实上，我们后面各章所要讲的工业工程方法，其基本原理都是建立在系统工程的方法基础上的。

1.4.2 工业工程师的职能范畴

根据工业工程的定义和先进国家的实践经验，我们将工业工程师职能范围归纳为如下几个方面：

1. 产品或服务 的预测和决策

- (1) 市场调查与预测；
- (2) 新产品开发可行性和前景分析；
- (3) 新产品开发的组织、计划和控制。

2. 生产系统设计和计划管理

- (1) 根据产品特性和产量，选择合适的生产组织形式；
- (2) 根据生产组织形式，设计物流系统，选择设备并予以合理布置；
- (3) 确定合理的库存并编制外购件的采购计划；
- (4) 进行能力规划，合理分配资源；
- (5) 制订综合生产计划、主生产计划、物料需求计划和作业计划，检查计划执行情况并及时予以调整；
- (6) 必要时进行仿真，以修改和完善所设计的系统。

3. 全面质量管理

- (1) 建立质量保证体系；
- (2) 协助或进行关于质量管理的 ISO 标准认证；
- (3) 组织并进行统计过程控制；
- (4) 组织质量控制 (QC) 小组活动，推行持续改进行动计划；
- (5) 建立质量检验和质量抽查制度并检查执行；
- (6) 协助高层领导制订质量方针和质量目标。

4. 人因工程和工作设计

- (1) 研究科学合理的工作方法并予以标准化；
- (2) 根据标准工作方法，进行时间测定，制订工时定额；
- (3) 研究激励机制，确定合理的报酬制度；
- (4) 设计良好的工作点及其周围环境。

5. 项目管理

- (1) 项目的可行性论证；
- (2) 组织合理的项目管理机构；
- (3) 制订项目执行计划（网络计划）并予以控制；
- (4) 进行项目经济预算和核算。

6. 经济学分析

- (1) 可行性分析；
- (2) 投资风险决策分析；
- (3) 成本分析。

7. 管理系统设计

- (1) 确定组织的短期任务和长远目标；
- (2) 设计组织机构系统，确定机构的职能及其划分；
- (3) 对组织系统效能进行评估，以建立高效能的组织系统。

以上是一个不完整的清单，但从这个不完整的清单已可看出，工业工程师的职能范围是很广泛的。当然，对于一个工业工程师来说，在一定时期，他工作的范围可能是其中的一项或几项。

本书将根据上述的职能范围所用到的技术和方法，择要予以讲述。

1.5 工业工程在我国各类企业应用的前景

1.5.1 让工业工程师进入国有企业

改革开放以来，我国经济有了很大的发展，国民经济运行质量也有很大的提高。像上海这样的先进工业城市，国民经济的运行质量已经接近国际先进水平。根据上海市有关部门的统计，4个主要总量数据指标如下：

- (1) 资产负债率为 50%；
- (2) 净资产利润率为 9%~10%；
- (3) 工业产品产销售率为 98%；
- (4) 企业亏损面低于 20%。

但是，上海是我国惟一的具有多种经济成分组合的现代化工业城市。像“宝钢”“上汽”这样的国有控股企业，无论在生产规模、设备先进性还是管理现代化方面，都可以与国际先进企业媲美。还有许多中外合资企业。所以，上海的经济运行状态良好是理所当然的。但就全国来说，有这样良好状况的城市很少。

国有企业是国民经济的支柱。在我国大型企业中，国有企业的资产占 74.7% 职工人数占 83.4% 工商税收占 80%。改革开放后，我国的 GDP 每年增长 10%，这两年略有下降，但仍保持 7% 的增长率，这是许多先进国家所不能达到的。这也主要是国有大型企业的贡献。

由于种种原因，国有企业的生产状态并不好，存在一些困难和问题。这些问

题可概括如下：

(1) 生产率低。作者没有掌握我国生产率水平的全面资料。但就作者知道的钢铁工业而言，我国几个大型老钢铁公司的生产率只有先进国家的 5%。从管理者角度来看，生产率高是比 GDP 增减更为重要的数字。

(2) 生产能力利用率低，主要工业品生产设备利用率约为 50%~60% 先进国家的生产能力利用率一般在 80%~90% 之间。

(3) 产业结构不合理，造成产品过剩，积压严重，1998 年全国工业品库存达 6301 亿元。

(4) 产品合格率低，经济效益差，亏损严重。近年来国有企业生产状况有了较大的改善，但从绝对值看，问题仍然严重。

(5) 资产负债率高，1998 年，国有工业企业资产负债率高达 106% 相互拖欠严重，1998 年应收账款累计达 12178 亿元。

(6) GDP 增长较快，但属于粗放型，即主要依靠简单再生产取得的。我国资本和劳力投入的贡献率达 72% 而科技的贡献率只有 28% 在先进国家中这二者依次是 30% 和 70%。

(7) 劳动者技术水平低，缺少培训，不能适应产品结构的变化和日新月异的科技进步要求。

国有企业存在的问题是我国 30 多年来特有的历史造成的。改革开放以来，中央已出台了一系列方针政策，其中关于所有权和经营权分开的方针，正是为了解决这个问题的。最近，国家有关部门提出，国有企业要从 140 多行业撤离对 130 多个重要行业进行一定的控制；国家只对军工、电力等 15 个特别重要的行业实行垄断。这样做能把主要精力集中于搞好作为国民经济支柱的大中型国有企业。只要切实按照中共中央十五届四中全会关于国企改革发展的决定，进行产业重组 建立公司法人治理制度 明确股东会、董事会、监事会和经理层的职责并切实实行，那么，国有企业生产就有搞好的基础，在此基础上就有可能进行科学管理。

为了改善国有企业的经营管理状况，我们提出如下几点建议：

(1) 在经理层进行现代管理方法的研讨。可以用讨论班的方法让经理们了解现代生产管理技术。最基本的还是 QDC 管理，当前在我国最重要的还是全面质量管理。虽然，从国际范围来说，依靠质量来取得竞争优势问题已经解决，但对我国来说，这个问题还远未解决。正如美国质量管理专家戴明所说的，没有高质量的高层领导，不可能有高质量的产品。要像日本在工业发展和经济起飞时期那样，从总裁开始到每一个操作工人都参与改善和提高产品质量的工作。除了 QDC 管理外，还应该让经理们了解管理科学的现代发展，例如：捕捉顾客的潜在需求的技术，快速响应市场的技术，可重组技术，虚拟企业，供应链管理，

仿真技术，等等。

(2) 对广大操作人员普及科学管理知识。泰勒所倡导的科学管理并没有过时。我们老一辈知识分子可能知道对泰勒的批判，而年轻人可能还不知道泰勒是何许人。我们应该大量出版科学管理小册子，广泛宣传经典的“工作研究”。其实，我国在 20 世纪 50 年代和 60 年代，曾出现了全国钢铁劳动模范王崇伦和全国纺织劳动模范郝建秀那样的优秀操作工人，他们实际上就是我国“工作研究”的先驱。我们应该继续发扬这种不断改革操作技术的革新精神。

(3) 培养工业工程师。我国国有大中型企业目前还没有设置“工业工程师”岗位。先进国家的经验证明，IE 技术是一种从“大处着眼、小处着手”帮助企业不断改善自身经营状况的技术。譬如，不断改进产品质量，不断降低生产成本，提高快速响应市场的能力，保证按期交货，减少库存积压，加速资金周转，等等，总之是帮助企业提高整体效益的。工业工程师正是为了解决以上问题而工作的。生产的具体管理操作是工业工程师的任务。企业的生产管理事务是非常具体和琐碎的，需要既懂技术又懂管理的管理工程师来做。作者建议在大中型企业普遍建立工业工程部，加紧工业工程师的培训。可以从现有的年轻工程师中选拔进行业余培训，拿到上岗证书后担任工业工程师。当然，从长远来看，应集中力量办好高校 IE 专业的各层次教育的建设。目前，教育部已批准在若干高等学校设立 IE 专业工程硕士班，这是培养工业工程师的好方法。

(4) 广泛宣传普及工业工程管理知识。前面讲过，工业工程目前在我国还鲜为人知。对学校来说最基本的任务是培养成千上万的管理人才，特别是培养一大批懂技术会管理的人才。对生产第一线的工人和技术人员进行培训也非常重要。这些正是工业工程教育的基本任务。据我们了解，先进国家在生产发展过程中，尤其在经济起飞之时和生产转折时期，特别重视生产管理知识的普及教育。例如，日本为了推行全面质量管理，许多工厂将全体工人和职员轮流培训一遍。泰勒的一本关于动作研究的科学著作的发行量竟达到 200 多万册，这也是一个侧面的例证。美国生产与库存协会 (APICS) 为了宣传推广物料需求计划 (MRP) 这一崭新的生产管理方法，曾于 1971 年组织由 1000 多名管理技术人员组成的宣传队，到千余家企业帮助工作，对推动物料需求计划的广泛应用起了很大的作用。

1.5.2 服务业的管理是一个未开发的处女地

服务业包括广泛的领域 如宾馆、餐饮、医院、学校、金融、娱乐、法律服务、商业服务，以及政府部门等。在美国，服务业的总产值、就业率及出口率都已达到 70% 以上。当然，工业与服务业的界限还比较模糊，制造业中的售后服务属于服务业，制造业中还有许多业务，如信息和咨询等，已经从制造业中独立出去了。

从制造业中发展起来的工业工程的许多基本方法仍然适合于服务业，如麦当劳这样的餐饮业，它的食品制作是一种小批量甚至是大批量生产；它与生产企业一样有严格的质量控制标准（包括产品和服务），有一套严格的生产过程管理和控制方法。但服务业也有着许多与制造业不同的特点，譬如：它的产品（服务）不能储存，服务和被服务对象大多是人，它的质量难以测量，等等。国外近年来已经研究出一些适用于服务业的管理方法。据介绍，他们的服务走过了四个阶段，就是：坐等顾客服务，上门服务，利用差别赢得竞争优势，世界级服务公司等。我国服务业的管理几乎还是一个处女地。

1.5.3 工业工程师在外资企业大有用武之地

最近几年，我国在利用外资方面稳定发展，截至 1998 年 9 月，实际使用外资金额为 2532 亿美元。越来越多的跨国公司把我国作为直接投资的重点地区，资金密集和技术密集型的大型企业项目大幅度增加。据预测，在 21 世纪，我国有可能成为世界制造中心。这对我国产业结构改造，技术更新和建立现代企业制度都有很好的借鉴作用。外商投资企业已成为我国进出口贸易的主力军，其贸易额占我国进出口总额的 56%。

目前，在我国的外商投资企业的特点是引进技术，新产品的研究开发和产品的生产工艺研究等大多不在我国进行。因此，这些在华企业的日常工作就是生产管理。他们的管理毫无例外地应用 IE 的方法，工业工程师大有用武之地。目前，因我国高等学校的 IE 专业毕业生还供不应求，一些外资企业不得不请高校为他们专门培训人才。

1.6 管理学的一般原理

1.6.1 管理的基本职能

管理一般定义为：是综合应用人、财、物、信息等资源，通过计划、组织、领导和控制等职能的行使，达到预定目标的过程。因此，管理就是行使这四个职能而达到目标的过程，而评判管理的绩效，就在于合理地应用和调配资源，高效地达到目标。当读者读到前面叙述的工业工程定义时会发现，这二者的定义是非常类似的，但工业工程的定义更加具体。下面简述一般管理的四个职能。

(1) 计划 (planning) 或称规划，是四个职能之基础。规划为组织设定目标，为组织的每一个组成单元和每一个成员制订行动方向。为完成目标，规划必须合理地调配资源，决定人员的数量和分工。

(2) 组织 (organizing) 是为了实现计划目标而进行的机构组建，并决定机构

各部门的分工和各自的职责，使各个部门连成一个有机的组织网络。由于组织的环境总是在不断地变化，因而，组织系统不是一成不变的。为了使信息传递顺畅、决策迅速，现在总是以扁平结构取代传统的纵层结构。

(3) 领导 (leadership) 的职责在于选择适当的工作人员，指派他担任结构中的职位，然后，引导他们达到预定的目标；用适当的方式让组织成员间沟通，使得全体成员能够彼此有效的合作；同时要创造良好的工作环境和文化氛围，让全体人员心情舒畅地完成自己的任务。运用适当的激励方式，鼓励员工不断进取，也是领导的重要工作之一。

(4) 控制 (controlling) 的任务是不断调整过程中出现的某些偏离，以保证计划按既定方向达到预期的目标。控制的内容，包括建立绩效评判标准，记录过程的各种重要参数，当发现实际的运行状况与原来的计划有偏离时，提出纠正对策。控制的重要之点在于，所制订的绩效标准必须正确、可行，还要经常监测过程是否持续和正确进行。

1.6.2 管理发展的三个阶段

李天和院士把管理方法的发展概括为机械模型、生物模型和社会模型三个阶段 其基本内容如下。

1. 机械模型

机械式的管理模型把一个组织看成类似于一台机器，把组织中的工人看作是机器的零件。把企业的生产过程看作是把投入变为产出。每一工人被安排在一个特置的、相互独立的工序中。只要工人按照规定的作业进行周而复始的操作，且按预期投入，企业就会生产出产品。机械模型假定环境不变，组织中的人就像机器的零件那样完成任务，而没有其他的目标。这种模型是 20 世纪初企业管理普遍采用的方法，最典型的是福特的汽车生产流水线，在流水线上某一工序（譬如拧螺栓）的工人，他的手臂就像机器中的连杆，不停的运动。福特汽车生产流水线曾创造了汽车生产空前高的生产率，但一条流水线只能生产一种型号的汽车。机械模型就像一台机器那样做一些重复的工作。

2. 生物模型

生物式的管理模型体现了组织与生物体的相似性。模型中的工人是生物的人的手臂、腿、感觉器官和其他器官。一个工序、一条流水线中的工人群体，从总体上最大限度地满足生物体的需要。与机械模型不同，生物模型的各个部分分别按自己的程序进行工作并相互交流，而不是按控制中心提供的程序工作。例如，没有大脑有意识的命令，心脏也能按自己固有的方式响应身体其他部分的要