

系统工程学概论

上海财经大学 颜光华 主编



XITONG
GONGCHENGXUE
GAILUN



前 言

系统工程学是一门新兴的边缘学科，是以“系统”为对象，综合运用各种有关学科的理论与方法，实现系统总体最优的现代化组织管理技术。国内外实践证明，推广应用这门学科的思想和方法，对解决工程建设和经济管理等问题有着十分突出的作用 and 非常显著的效果。随着我国现代化建设事业的发展，系统工程学的应用范围必将日益广泛。因此，学习与掌握这门学科的基本知识，得到了各级领导的普遍关注，并成为许多管理干部的迫切要求。

本书是根据财政部统编的《系统工程学概论》教学大纲，为适应财经院校管理专业教学需要而编写的。也可作为其他有关院校和管理部门培训经济管理干部的教材，并可供广大经济工作者和企业管理人员学习参考。本书内容结构的设置，充分考虑到经济与企业管理专业的培养目标和教学计划，以及经济管理干部的实际需要。全书以阐述系统工程的思想和方法论为主，并把重点放在探索企业管理系统工程的基本理论和主要方法的应用上。对数学方法问题，一般不研讨数学模型的推导过程，而是偏重在经济管理工作的具体应用。其中，大部分数学方法均结合管理实例进行讲解和演算，比较容易理解和掌握。

全书共分九章，内容包括：概述，系统和系统工程的基本概念，系统工程的基础理论，系统工程的方法论，企业管理系统工程综述，企业管理系统分析，企业各分系统的特征、功能和管理，企业系统管理，企业管理信息系统。

本书由颜光华主编。参加编写的有颜光华（第一、五、七、八章）、赵树（第二、三、六章）和夏大慰（第四、九章）。

本书在编写过程中，参考了不少书籍和资料，得到了一些实际部门的热情支持。在此谨向有关作者和同志表示谢意。

需要申明的是，限于我们的理论水平和实践经验，本书在体系内容和编写方法上，都难免存在一些缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

一九八六年一月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 系统工程学是一门新兴的边缘学科	(1)
第二节 系统工程学的产生与发展	(7)
第三节 系统工程学的应用范围和展望	(13)
第二章 系统和系统工程的基本概念	(18)
第一节 系统	(18)
第二节 系统工程	(31)
第三节 系统工程与传统工程的区别	(41)
第三章 系统工程的基础理论	(46)
第一节 系统思想	(46)
第二节 一般系统理论、耗散结构理论、协同学理论	(52)
第三节 控制论、信息论、运筹学	(53)
第四章 系统工程的方法论	(79)
第一节 霍尔三维结构	(59)
第二节 统一规划法	(84)
第三节 多级递阶控制法	(88)
第四节 网络分析技术	(93)
第五章 企业管理系统工程综述	(107)
第一节 企业系统	(107)
第二节 企业管理系统工程的概念和基本观点	(115)
第三节 企业管理系统工程的方法	(120)
第六章 企业管理系统分析	(145)
第一节 系统分析的基本概念	(145)

第二节	系统分析的基本要素和指标体系	(153)
第三节	系统分析的程序和步骤	(158)
第四节	企业系统分析的评价方法	(168)
第五节	企业系统分析实例	(183)
第七章	企业各分系统的特征、功能和管理	(201)
第一节	生产管理系统	(201)
第二节	物资管理系统	(208)
第三节	销售管理系统	(213)
第四节	管理组织系统	(226)
第八章	企业系统管理	(237)
第一节	系统管理的活动	(237)
第二节	工作系统管理	(242)
第三节	事务系统管理	(243)
第九章	企业管理信息系统	(257)
第一节	信息与管理信息系统的概念	(257)
第二节	经济管理信息的分类、编码和处理	(264)
第三节	企业管理信息系统的建立	(274)
第四节	企业管理信息系统实例	(291)

第一章 概 述

第一节 系统工程学是一门新兴的 边缘学科

一、系统工程学的性质和研究对象

系统工程学是在运筹学、控制论、电子计算机技术、工程设计和现代管理科学等学科的基础上,相互渗透而发展起来的一门新兴的边缘学科。从科学方法的角度来说,它又是当代正在迅速发展和逐步完善的一门科学的组织管理技术,是一门跨越各个学科领域的方法性和综合性的应用学科。系统工程学作为一门独立的学科,具有它自己独特的思想、原则、理论基础、程序体系和方法论。即主要是把自然科学、数学和社会科学中有关的观点、理论、方法和手段,根据系统总体协调的需要,有机地联系起来,加以综合运用,实现系统目标的最佳效果。当前,系统工程学正处在发展阶段,它的学科体系和理论体系也尚待日臻完善。

系统工程学的实质是新的科学方法论。它是从系统的观念出发,运用唯物辩证法的认识论原理,去观察、思考、分析和解决问题,以便在改造客观世界的过程中,使科技活动和经济活动的总体效果最优。它是工程技术与思维方法的统一,为解决当代复杂问题提供了科学的方法论,可以称之为工程哲学。这里讲的“工程”是侧重于制造无形的产品,即泛指为完成某项任务(预期目标)而提供决策、计划、方法、工作顺序等。这是系统工程学所赋予“工程”两字的新概念,与自然科学中的“工程”(侧重于制

造有形的产品)含义不同。同时,系统工程学也是新的逻辑方法,强调辩证的综合。每一步分析都伴随着综合,从而达到分析与综合辩证逻辑的统一。因此,系统工程学是实现从微观到宏观过渡的工程战略。它能给我们提供研究自然科学和社会科学的共同途径,是对唯物辩证法的补充和丰富,具有哲学方法论的意义。它为现代科学技术发展和社会实践开辟了新的思路,打破了各门学科之间的界限,沟通了它们之间的联系,促进了现代化科学技术发展的整体化趋势,使人们摆脱传统方法的束缚,为解决所有系统协调发展找到了最佳方法。

各门学科都有它特定的研究对象。系统工程学的对象是“系统”。所谓系统,是指由相互作用和相互依赖的若干组成部分(要素)结合而成的、具有特定功能的有机整体。如一项工程项目、一个企业、一个部门、一种组织等都可看成一个系统。这就是说,只要事物能构成系统,包括任何一种物质系统或概念系统,都是它的研究对象。但主要的研究对象则是大型的复杂的系统。当然,大型的复杂系统是相对而言的,因为每个系统又可以成为一个更大系统的一个组成部分。实际上所谓大型系统,只是一种规模较大、由多个分系统组成的、结构多层次的系统而已。由于系统工程学以各种各样的系统作为研究对象,按照系统的性质和内容不同,可有各种不同的专业。如以工程项目为研究对象的工程系统工程、以企业生产经营活动为研究对象的企业系统工程、以军事活动为研究对象的军事系统工程,以及科研系统工程、环境保护系统工程、社会系统工程等等。系统工程学是各种专业系统工程的总称。它如实地把一个极其复杂的研制对象作为有机整体来考察,从整体与部分相互依赖、相互制约的关系中,揭示系统的特征和运动规律,并通过对系统的规划、研究、设计、制作、运行等进行协调与控制,据以实现系统总体的最优化,达到最优

设计、最优管理和最佳运行的目标。在系统工程学中，不仅应用系统理论的观点和现代的数学方法，为实现各种系统的模型化和最优化，把定性分析和定量分析紧密地结合起来，进行系统分析和设计，还把定量分析的方法引入某些迄今只进行定性考察的学科中。由此，使科学研究方法产生了新的飞跃，从而适应了现代科学技术研究和经济管理由单个事物水平上升到复杂系统水平的需要，推动了当代科学技术和经济建设的发展。

二、系统工程学与各种科学技术的关系

系统工程学以多种科学技术为基础，同时又为研究和发展其他科学技术提供共同的途径。现将它们之间的关系简要介绍如下：

（一）系统工程学与基础科学的关系。

我们这里讲的基础科学，主要是指为系统工程学提供基础理论，直接影响该学科形成和发展的科学。系统工程学是在具体运用技术科学、系统科学、管理科学、信息科学等的科学理论的基础上成长起来的。如：解决系统的模型化、最优化和综合评价的问题，是以系统科学——运筹学为基础的；实现系统的控制功能，是建立在控制论的大系统理论和反馈理论的基础上的；实行系统管理是运用了信息论的理论；对系统的设计、研制试验、运行等过程是以管理科学的原理和内容为依据的。但系统工程学不是孤立地运用这些科学技术，而是把它们从横的方面联系起来，综合利用这些科学的基础理论与方法，形成一个独立的新的科学技术体系。在系统工程学的体系中，主要融合了工业工程、运筹学、控制论、信息论、价值工程等学科的有关知识。

（二）系统工程学与其他学科的关系。

系统工程学的应用范围极其广泛，几乎在一切领域都有它的运用价值。它可以为其他学科提供解决组织管理问题的系统思路

和方法论。而系统工程学的形成与发展，需要其他学科或工程技术的支持，它的广泛实践又需要依靠强有力的运算工具来实现。对系统工程学有影响的学科主要有哲学、心理学、数学、经济学、社会学、工程技术学、经营管理学、军事科学、计算机科学等。

（三）系统工程学的系统理论与数学各分支的关系。

系统理论是系统工程学的基础，但它在解决系统中的问题时，只能起基本的作用，在很大程度上还要依赖于各种数学分支来解决具体问题。如：为了解决在一定约束条件下寻求系统总体目标的最优值，需要采用规划论；为按某一衡量准则抉择最优策略，应依靠决策论；为研究大量偶然事件的分布规律来解决系统中存在的关键问题，需要运用概率论等。在系统工程学中，依赖程度较大的数学分支有规划论、博弈论、决策论、网络理论、概率论、集合论、线性代数、数理逻辑和数理统计等。

三、系统工程学的形成及其体系

伴随着科学技术和现代工业的发展，在本世纪二十年代后期，开始形成了一种专业——工业工程。它是研究由人力、物资和设备等组成一个系统的设计、改善和实施的科学。其主要内容包括：时间和动作研究，生产计划和控制，工艺过程分析，质量控制，工作分析和评价，管理组织机构分析和设置等管理技术。工业工程是形成系统工程学体系的一个重要基地。四十年代中期，由于运筹学开始应用于工程项目与工业生产实践，控制论、信息论和价值工程的相继创立，以及电子计算机的出现和推广应用，所以，到了六十年代，系统工程学这门新兴学科应运而生了。

系统工程学的体系，主要是由任务、基础理论和方法三方面组成的。它的基本任务是运用系统工程的理论和方法，实现大规模复杂系统的最优设计、最优管理和最佳运行，以求得系统总体

最优化。通俗地说，也就是从整体观念出发，采用科学理论、现代数学方法和管理工具，来组织安排人力、物力和财力等资源，以达到最合理、最经济、最有效的完成预期的系统目标，取得整体的最佳成果。系统工程学涉及的领域很多，它的基础理论主要有：系统理论、运筹学、控制论、信息论、概率论、模糊数学、计算机科学、仿真技术、经济学、哲学、心理学等。根据这些基础理论所形成的程序化的工作方法有：多级递阶控制法、结构模型解析法、统一规划法、PERT、GERT 等等。系统工程学的形成及其体系，如图 1-1 所示。

图 1-1 中，关于系统工程学的方法和主要基础理论，将分别在第三、四章作专门阐述。在这里，我们仅对系统工程学的其他几种基础理论进行扼要的介绍。

（一）概率论与数理统计。

概率论是从数量的角度来研究大量随机事件（偶然事件）的分布规律的学科。在系统的变量为不确定状态时，为掌握事件出现的可能性的概率大小，常用概率模型来对系统进行有效的控制。数理统计则是以概率论为基础，研究数据获得、数据分析和数据处理的方法，它是为系统分析和决策提供信息的工具。

（二）模糊数学。

它是美国查德（L. A. Zadeh）于 1965 年提出的模糊集理论逐渐发展起来的一个近代数学分支，是研究和解决不确定型问题的一种方法。模糊数学为复杂系统中的很难作出精确的数学模型的事物，给以模糊性的描述、推理和判断，求得解决问题的结论。

（三）计算机科学。

它是研究计算机系统及其应用的理论和方法的科学。主要包括电子计算机的原理与组成、计算机语言程序设计和计算机模拟

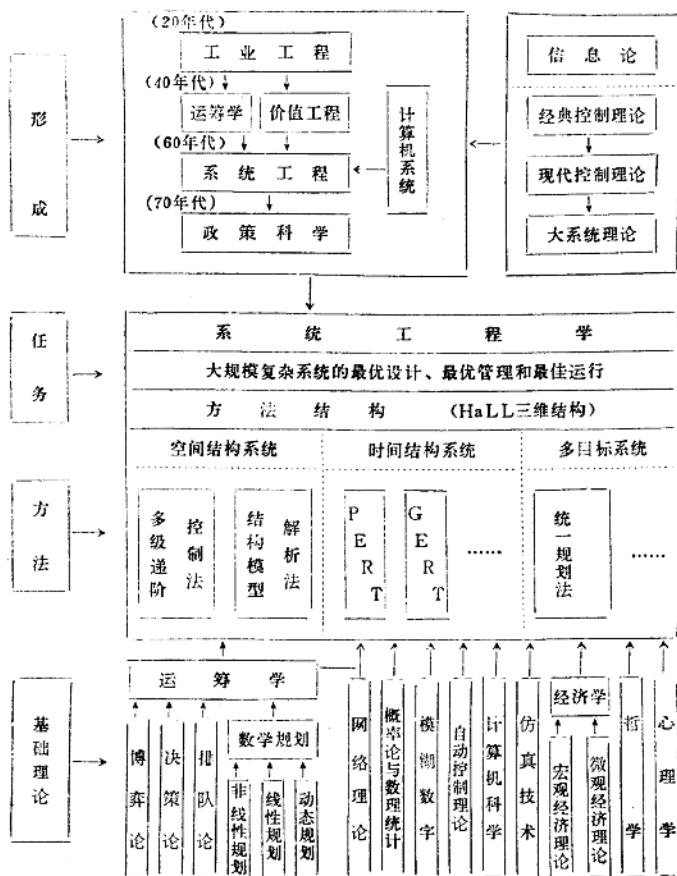


图1-1 系统工程学的形成及其体系示意图

等。电子计算机的出现和应用，使系统工程学的实践得到广泛的发展，为系统工程学提供了重要的物质基础。

(四) 仿真技术，也称系统模拟。

它是通过建立系统模型，对系统本身、系统环境和外部信息进行仿真实验的一种管理技术。它是对大型复杂系统进行系统分析、设计、检验及操作训练的重要手段。尤其是对那些不可能或不便于进行现场实验的系统，有着更加重要的意义。

（五）经济学。

它是研究各种经济关系和经济活动规律的科学，包括宏观经济理论和微观经济理论两大类。宏观经济理论，就是研究国民经济结构以及最佳地制定国民经济方针、政策和计划的理论。微观经济理论是研究各独立的基本经济单位的经济行为和计划以及最佳调节的理论。在经济学领域中，还经常提到“计量经济学”这门学科。它是把经济理论、数学和统计学结合在一起的现代经济理论。这种经济理论主要是从量的方面来研究国民经济各部门之间以及生产、运输、销售、资源利用等经济现象之间相互关系的规律性。在系统工程实践中，要使系统总体最优化和取得最佳经济效果，经济学是它的极为重要的基础理论或理论依据。

必须指出，系统工程学包含有许多不同的系统工程专业。除了图 1-1 中列示的共同基础理论之外，每门专业性的系统工程又有各自的专业理论基础。如工程系统工程的专业基础是工程设计，企业系统工程的专业基础是管理经济学及管理科学，军事系统工程的专业基础是军事科学等等。综上所述，系统工程学作为一门具有自身独特体系的学科，是在运用系统观念的基础上，借鉴和吸收邻近学科的理论与方法而逐步建立起来的。

第二节 系统工程学的产生与发展

一、系统工程学产生与发展的历史背景

系统工程学同其他科学一样，也是来源于人类长期社会实践

经验的积累和总结，并随着科学技术、基础理论和运算工具的发展而发展。它演变成为一门独立学科，是现代科学技术和社会化大生产发展到一定水平的产物。

系统工程学的产生与发展是有一定的历史背景和条件的。

首先，本世纪四十年代以来，科学技术和工业生产发展很快，特别是近年来，科学技术活动和经济建设的规模日益扩大，已突破了区域性、行业性、学科性的界限，出现了日益复杂的组织结构和综合性很高的相互联系、相互制约的大型复杂系统。每个单位和部门为了实现复杂系统的目标，就必须从整体的观念出发，综合地掌握它与外界的关系，并从总体最优的立场出发，协调系统内部各部门之间的关系和考虑自己的行动。因此，过去使用的比较狭隘的孤立的方法，已经不能适应现代科学技术发展的需要。要解决现代化的组织管理问题，促进当代科学技术水平的提高，就要求发展一门能纵观全局、综合应用各有关学科的理论与方法，组织协调系统各方面关系的新学科。这种要求就是产生系统工程学的客观基础。

其次，近年来随着现代数学、计算技术和计算方法的发展，已经形成现代的最优化技术体系。这使大型复杂问题的最优化决策和管理成为可能，从而促进了系统工程学的发展。

第三，近二十多年来，由于通讯技术和信息科学的发展，尤其是电子计算机技术的高度发展，使社会生产过程和整个经济活动的各个环节，能够迅速地有机地联系起来，并使人们有可能较全面地掌握、处理和传递大量信息，在较短时间内对综合性问题做出判断和决策，从而推动了系统工程学的继续发展。

二、系统工程学的发展过程

系统工程学在本世纪四十年代产生于美国，六十年代后期基

本形成体系。四十多年来，其发展过程大致经历了三个阶段。

(一) 萌芽阶段 (1940~1957年)。

这一阶段的特点是：个别研究和简单应用，实践的成果为理论体系的形成作了准备。主要内容有：

1. 1940年美国贝尔电话公司试验室，第一次提出“系统工程”的名称。这个试验室在研制电话自动交换机时，为缩短科学发明到投入使用的时间，他们意识到不能只注重电话机和交换台等设备的技术研究，更需要从它的整个系统来研究。于是他们按时间顺序，把研制工作分为规划、研究、发展、工程应用和通用工程等五个阶段，首次提出“系统工程”的名称。并设立了系统工程研究部，集中了该公司全部科技人员的10%来从事系统总体工作，创立了一套分阶段的系统工程方法。

2. 第二次世界大战期间，在英国对德国作战中，产生了运筹学。当时英国为了防御德国飞机的突然空袭，成立了五人小组（最早的运筹学小组），专门研究雷达报警系统，取得了较好的成效。尔后，他们又研究飞机降落的排队问题和后勤供应系统的组织问题，创立了排队论、线性规划、搜索论等运筹学分支。因此，以大规模作战系统为对象，研究解决这类问题的最优化技术方法——早期运筹学由此而产生了。战后，这门科学开始应用于工业生产和尖端科技项目开发，使它的理论与方法得到了很大的发展，为系统工程学奠定了重要的理论基础。

3. 1940年至1945年，美国制造原子弹的“曼哈顿”计划，用系统工程方法进行论证协调，取得了成功。这段时间，大规模的战争活动要求用最新技术来研究新的武器装备。美国花了一百万美元，集中美国、加拿大等八个国家的科学家，在曼哈顿地区研制原子弹。由于应用系统工程方法进行论证协调，在较短的时间内获得了成功。

4. 1945年美国兰德公司创立了系统分析方法。美国兰德公司是一个由各方面专家组成的智囊机构，专门为美国国防部提供研制武器的规划和方案。他们在此期间，运用数学方法结合工程技术对复杂系统进行分析研究，创立了系统分析方法。这种方法是一种从费用和效益方面对各种可行方案进行抉择与评价的方法。系统分析方法后来得到广泛的应用，为系统工程学的发展奠定了基础。

5. 1948年美国数学家维纳(N. Wiener)创始的控制论，受到重视和推广应用。1950年美国学者运用数学方法搞管理，取得了一定的效果，使人们对系统的重要属性加深了认识。

(二) 发展阶段(1957~1965年)。

这一阶段的特点是：自觉地运用理论与方法得到逐步发展。主要内容有：

1. 1957年，美国密执安大学的哥德(H. Goode)和麦克霍尔(R. E. Machoi)合著《系统工程》一书出版。该书对系统工程的理论和方法做了初步阐述。

2. 1958年美国海军特种计划局研制北极星导弹，产生了“PERT”(计划评审技术)。为了加快实现北极星导弹的研制任务，美国海军特种计划局运用网络理论，研究出一种计划评审方法，采用它进行计划和控制，结果研制任务提前两年完成。这种方法引起了世界各国的普遍重视和推广应用，成为系统工程学的一个著名方法。

3. 1962年美国国防部长麦克纳马拉提出了“PPBS”系统(即规划、计划、预算系统)。当时，麦克纳马拉为解决海陆空三军在研制、生产武器系统等方面相互争夺预算的矛盾。根据他的设想，委托兰德公司设计出这种计划及预算的管理方法，把三军联合起来统一预算，并成立系统分析部，大力推行系统工程，结果

在节约费用开支方面，取得了较明显的效果。后来，这种方法又推广到企业中应用，从而充实了系统工程学的内容，促进了系统工程学的发展。

4. 1963年美国亚利桑那大学设立了系统工程系，其他许多院校，如凯斯工学院、加利福尼亚大学、斯坦福大学、麻省理工学院等也都设立了这方面的专业或研究中心。1964年起，美国每年都举行系统工程年会，出版刊物，并设立系统工程学位。这时，系统工程已开始成为一门独立的学科。

（三）基本成熟和继续发展阶段（1965~1985年）。

这一阶段的特点是：它的应用已进入解决社会工程和经济管理等领域各种复杂系统的最优控制、最优管理阶段。系统工程学作为一门现代的组织管理技术，受到了世界各国广泛的重视。主要体现在：

1. 1965年美国出版专著《系统工程学手册》。《手册》中比较完整地阐述了系统工程理论、系统技术、系统数学、系统环境、系统元件（要素）等各方面的内容，形成了一个较为完整的理论体系。这是系统工程学基本成熟的一个重要标志。同年在英国，兰开斯特大学成立了系统工程学系，其他院校也陆续设立了相应的系或专业。

2. 1969年美国“阿波罗”宇宙飞船登月计划成功。“阿波罗”计划是一项举世瞩目的复杂庞大的工程计划，它的全部任务分别由地面、空间和登月三部分组成。全国有42万人、120所大学和研究所、2万家企业参加，制作的零部件近300多万个，耗资300亿美元，历时11年之久。在规划和实施这项计划时，采用了网络计划技术、系统分析，并用电子计算机进行各种模拟或仿真，顺利地完成了这个庞大工程计划。“阿波罗”登月计划的实现，是运用系统工程这种组织管理技术取得显著效果的典型事

例，展示了系统工程学的辉煌成就。

3. 欧洲出现了横跨多国的水电、火电、核电的电网电力系统。这些超大型的复杂工程系统，在建设中的应用系统工程的理论和方法进行组织管理，获得显著成效。

4. 日本在六十年代后期引进了系统工程，并出版“系统工程学讲座”丛书，加速培养系统工程方面的人材。他们首先在经济界和企业界推行全面质量管理（TQC），进而又推广计划评审技术（PERT）和价值工程（VE）等。

5. 苏联在此期间，从“控制论”着手研究系统工程。他们采用系统工程方法，制定国民经济计划的自动化估算系统，搞国民经济模型，并在企业中建立起许多自动化管理系统，在空间技术方面的应用也取得一定的成效。此外，还积极推广应用计划评审技术等系统工程学的技术方法。

6. 1972年在维也纳成立了“国际应用系统分析研究所”。这个研究所现有美国、苏联、日本、加拿大、英国、法国、捷克斯洛伐克、奥地利等十七个国家参加。该所主要研究世界人口、资源、能源、粮食、环境保护和国土开发等六个方面的课题。目前，系统工程学已发展成为解决世界范围的大系统问题的应用科学。

我国在六十年代初期，就已经开始研究和应用系统工程学的某些方法论。1965年著名数学家华罗庚教授推广“双法”（统筹法和优选法），初获成效，并从数学角度推广系统工程方法。七十年代末，在著名科学家钱学森等同志的大力倡导下，我国系统工程学的研究和应用得到了进一步的发展。（1）1979年10月，我国召开第一次系统工程学术会议；（2）1980年10月，中国科学院成立了系统科学研究所；（3）1980年11月，成立了“中国系统工程学会”，同时，出版全国性刊物《系统工程理论与实践》，举