

企业系统工程基础

主 编 王同德

主 审 林友孚

河南科学技术出版社

企业系统工程基础

主编 王同律

主审 林友孚

责任编辑 刘 嘉

河南科学技术出版社出版

湖北省农科院经作所印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 29.375印张 480千字

1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷

印数：1-5000

统一书号：7245·107 定价：5.50元



前 言

现代工业企业，是一个高度社会化的复杂综合体，工业企业的管理工作，必须用现代化的科学方法加以分析研究。系统工程作为一种跨领域的方法性科学技术，它的研究对象是各种系统的规划、研究、设计、制造、运行的方法。因此，运用系统工程对企业进行系统管理，在企业管理现代化中，占有重要的地位。国内外管理实践表明，应用系统工程的思想和方法来指导和进行企业管理工作，卓有成效。结合实践推广和普及系统工程的基本知识，是广大管理工作者的迫切要求。

本书正是抱着这一目的而编写的，希望通过扼要地介绍系统工程的一些基本思想和常用分析方法，使从事管理的工作人员能了解到系统工程的概况，以及系统思想、系统方法的一些要点，提高在企业管理中运用系统工程方法的能力。

全书共分两部分，第一部分共分五章介绍系统与系统工程学科的内容与特点，系统思想和系统方法的基本内容，以及企业这个特定对象的系统特征和企业系统分析的有关内容。第二部分共分八章，着重介绍用系统工程方法进行企业管理最常用的优化管理技术，包括预测技术、图与网络技术、线性规划、动态规划、库存控制技术、决策技术、随机服

务技术及投入产出技术。编写中力求结合企业管理实践,深入浅出,只需具备基本数学知识的读者就可掌握这些基本内容,即使缺乏数学知识的读者也不妨碍掌握其中的基本思想和某些方法。当然,系统工程方法毕竟只是现代化的科学技术方法中的一种,读者通过实践一定能体会到,只有将其结合自己的工作实际,将专业知识和其它方法综合运用,才能取得满意的效果。

本书第一、二、三、七、十一章及第十三章中的第三节由刘大明编写;第四、五、六、八、十二章及第十三章中的第一、二两节由王同律编写;第九、十章由孙威武编写。王同律主编,刘大明副主编。林友孚教授审阅了全部书稿。

本书在编写过程中,曾得到了许多同志的帮助和指正,书中参阅了国内外许多专著的内容,谨向有关作者及同志致谢。特别应当感谢的是,中南财经大学刘全福同志,对本书的出版给予了大力的支持。

由于编者水平所限,不妥当及错讹之处,欢迎读者不吝指正,不胜感谢!

编者

1987年 10月

目 录

第一部分 企业系统工程原理

第一章 系统与系统工程概念	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 系统.....	(9)
第三节 系统工程.....	(19)
第二章 系统工程理论基础	(24)
第一节 系统学(系统论).....	(24)
第二节 控制论、信息论、运筹学.....	(36)
第三章 系统工程方法	(51)
第一节 霍耳三维结构.....	(51)
第二节 统一规划法.....	(56)
第四章 企业系统	(60)
第一节 企业是一个系统.....	(60)
第二节 企业的系统特征.....	(72)

第五章 企业系统工程概述..... (79)

第一节 企业系统工程..... (79)

第二节 企业系统分析..... (87)

第三节 企业系统评价..... (91)

第二部分 企业系统工程技术基础

第六章 预测技术..... (98)

第一节 预测概述..... (98)

第二节 回归预测技术 (107)

第三节 平滑预测技术 (142)

第七章 图与网络技术 (180)

第一节* 图的基本概念..... (181)

第二节* 树..... (185)

第三节* 最短路问题..... (192)

第四节* 最大流问题..... (200)

第五节 网络计划方法..... (213)

第八章 线性规划及应用分析 (259)

第一节 线性规划的基本概念 (259)

第二节 单纯形法 (271)

第三节 非标准型问题及特殊解 (289)

第四节	线性规划中的对偶问题	(301)
第五节	线性规划灵敏度分析	(316)
第六节	运输问题	(334)
第七节	分配问题	(363)
第九章*	动态规划	(376)
第一节	动态规划的基本概念和基本原理 ..	(377)
第二节	标号法	(382)
第三节	函数迭代法	(389)
第四节	动态规划的一般解题方法与应用 ..	(398)
第十章	存贮控制技术	(432)
第一节	存贮问题的基本概念	(432)
第二节	确定型存贮模型	(441)
第三节	确定型存贮模型的敏感性分析	(462)
第四节*	简单随机存贮模型	(472)
第十一章*	随机服务技术	(494)
第一节	排队论的基本知识	(495)
第二节	几种常见的排队系统模型	(504)
第三节	排队系统的最优化	(520)
第十二章	决策技术	(526)
第一节	决策概述	(526)
第二节	一般决策问题	(533)
第三节	多目标决策	(581)

第四节	竞争型决策	(604)
第十三章	投入产出技术	(641)
第一节	投入产出技术概述	(641)
第二节	投入产出表及投入产出经济数学模型	(649)
第三节	企业投入产出技术与优化模型	(676)
附 表	标准正态分布表	(705)

(注：本书为湖北省高等教育自学考试工业经济专业教材，请自学考试生学习本教材时注意与自学考试大纲配合使用，目录中标有“•”号的章、节，作为选学内容，不属考试范围。)

第一部分 企业系统 工程原理

第一章 系统与系统工程概念

系统工程是一个总类名称，可以分为各种门类，形成各个专业的系统工程。企业系统工程是这些门类中的一类。虽然各专业的系统工程都有本专业的理论基础和方法，但所有专业的系统工程，又有其共同的理论和方法。因此，这些共同性的问题构成了前三章的内容。

第一节 概 述

一、系统工程的性质及研究对象

（一）系统工程的性质

系统工程是在组织和管理复杂系统时在系统论、控制论、信息论、运筹学、计算机技术，及有关的自然科学、社会科学和技术科学的基础上形成并尚待发展的一种组织和管理复杂系统的工程技术，是一门新学科。可以从以下几方面理解系统工程的学科性质。

1. 系统工程是一门新兴的独立的边缘学科。系统工程

综合利用自然科学、社会科学和技术科学的有关知识，跨越众多的学科领域，因而它是一门边缘学科。但系统工程具有它自身独特的理论基础、思想方法和内在体系，因而它是一门独立的学科。由于系统工程仍处在发展阶段，它的科学体系和理论体系尚待完善，所以它又是一门新兴的尚不完善的学科。

2. 系统工程是一门组织和管理的技术，不论是复杂的工程项目还是大企业，都可以作为一个系统，都有其建立和运行两大实践过程。如果目的是要以最优化的方式实现对系统的建立和运行，就要采用一定的先进技术对系统的建立进行组织和对系统的运行进行管理。这种先进的组织和管理技术就是系统工程。由此，也可以说系统工程是一门强调实践性的学科。

3. 系统工程体现了一种新的科学方法论，系统工程涉及的是复杂系统，因而必须来用系统的观点，从整体着眼来解决各种实际问题，它充分体现了部分和整体的统一，分析与综合的统一，工程技术与思维方法的统一，为解决复杂系统的问题提供了科学的方法和手段。

（二）系统工程的研究对象

系统工程所研究的主要对象是大型的复杂系统，这些系统或是将要组织建立的系统，或是需要进行管理的系统。它们可以是一般的工程体系，企业生产管理体系，国家行政体系，也可以是法律的、教育的体系等等；只要这些体系是大型的复杂的系统，就不管它们的具体性质如何。但系统工程研究的对象必须是可以改造或创造的系统，像宇宙、太阳、地球这些人类目前还不能左右的系统，就不在系统工程

的研究对象之列。

二、系统工程的形成、发展和展望

系统工程的形成有着深远的历史渊源，它来自人类长期的社会实践和经验。在中国和古希腊的朴素唯物主义哲学思想中就包含了系统思想的萌芽。这时的思想家们就已从承认统一的物质本原出发，把自然界当作一个统一体。如古希腊辩证法的奠基人之一赫拉克利特（约公元前460~370）就指出：“世界是包括一切的整体。”公元前6世纪到5世纪之间，我国春秋末期的思想家老子就强调自然界的统一性。但他们都缺乏对统一体的各个细节的认识。15世纪下半叶，近代科学开始兴起，各门具体的科学逐渐从混为一体的哲学中分离出来，分门别类地研究客观世界的各个细节，但却失去了对整体中各部分之间的联系考察。直到19世纪，以三大发现为标志，自然科学开始了从分析到综合的过程，最终得出物质世界的普遍联系及其整体性的思想，即系统思想。这种系统思想在实践中的应用，就形成了系统工程的前身：系统思想方法或系统方法。系统方法的成功应用，自古就有，如我国战国时期的都江堰就是一个很好的范例。但那时就系统方法本身而言，既不明确，也不系统，还处于自发应用阶段；其应用范围很小，对象的规模和复杂程度也很有限，即使有大规模的复杂系统，也缺乏有力的技术手段。因此，那时的系统方法还不能称之为现在的系统工程，系统工程的形成既需要一定对象的自身要求，又需要现代科学技术使其具体化，具有现实性。

系统工程是在20世纪40年代开始形成并得到发展的。其

形成和发展有一定的历史背景和条件。

首先，20世纪以来科学技术已发展到人们有能力制造出大型复杂系统的水平，社会经济系统在知识上也日趋复杂，这些复杂系统的制造、管理已突破了区域、行业、学科的界限，成为一类具有独特性质的问题。为了达到一定的目的，就必须从总体的立场出发，综合地掌握系统与外界的关系、系统整体与系统各部分的联系。过去使用的比较狭隘的孤立的方法已经不能解决问题，而要求有一种适应这种新问题的新方法，这就是一种自觉地从系统的角度去观察、思考、分析、解决问题的方法。这种要求就是产生系统工程的客观基础。其次，现代科学技术对系统方法的具体化，为其具有现实性作出了两大贡献：一是使系统方法定量化，使其成为一套具有数学理论、能够定量处理系统各组成部分联系的科学方法；二是为定量化的系统方法的实际应用提供了强有力的计算工具——电子计算机。这两大贡献都是在20世纪中期实现的。再次，由于通讯技术和信息科学的发展，使社会生产过程和整个经济过程的各个环节能有机地、迅速地联系起来，使其效率大大提高。同时，信息技术的发展，使信息的收集、存贮、处理、传递的能力大幅度提高，大大缩小了空间和时间的限制，人们有可能较全面地掌握、处理和传递大量信息，并在较短时间内对综合性很大的问题作出判断和决策，这种情况也直接推动了系统工程的发展。

系统工程的发展过程大致经历了三个阶段：

1. 萌芽阶段（1900～1956年）：这个阶段经历了半个多世纪，但主要进展是在40年代以后，其主要特点是：分别研究，形成概念，并作些简单应用，在实践过程中逐步积累

素材，为系统工程的形成和发展奠定了基础。

20世纪初，工程师们在设计巨大项目时感到采用固有的传统技术不能满足要求，于是首次在工程技术中引入了系统的概念。美国贝尔电话公司中已经出现了关于系统的考察（system thinking）和系统途径（system approach）这类术语，直至1930年，美国无线电公司在发展与研究电视广播时，才采用了系统途径这个新观点。1940年，美国贝尔电话公司实验室首先提出“系统工程”这个名词，此后，贝尔公司在发展美国微波通讯网络时设立了系统工程部，集中了全部科技人员的10%来从事系统总体工作，并按时间顺序把系统的总体工作划分为规划、研究、发展、工程应用和通用工程等五个阶段，创立了一套分阶段的系统工程方法。第二次世界大战期间，以大规模作战系统为对象，研究出了解决这类问题的最优化技术方法，这就是运筹学。二次大战后，运筹学开始在民间工业中得到广泛应用，逐渐发展成为系统工程的理论基础。1945年美国空军建立了一个由各方面专家组成的智囊机构——兰德公司，把大量的数学方法用来分析大规模的复杂系统，创立了系统分析方法。随后，美国的国防系统和航天系统在开发过程中，在电力、通信、交通部门中出现了大系统的新型设计法，加上电子计算机的出现和应用，为现代系统工程奠定了基础。到了50年代初，美国麻省理工学院开始系统工程教育的试验，试图培养学生运用系统工程的基本理论和数学方法，创造性地解决问题。同时，美国的个别杂志开始出现有关系统工程的文章。

2. 发展阶段（1957~1964年）：这段时期的特点是从自发运用转到自觉运用系统工程的理论和方法，并进一步推

动其理论和方法的发展。

1957年美国密执安大学的哥德和迈克尔两位教授合著了第一本关于系统工程的专著《系统工程》，以“系统工程”作为正式定名，对系统工程的理论和方法做了初步的系统阐述。1958年美国在北极星导弹的研究中，首次采用了计划评审技术（PERT），有效地进行了计划管理，从而把系统工程推广到管理领域。此后，计划评审技术成为系统工程的一个著名方法。60年代初，美国工艺工程师学会在科学与电子部门建立了系统科学委员会，使系统工程开始具有社会学术组织的形式。同时，英、美两国出版了大量类似系统工程的“工程系统的设计和分析”为名的书籍，实际上它们都属于系统工程的一部分。1963年，美国亚利桑那大学设立了系统工程系，标志着系统工程已在大学教育中成为一门专业。

3. 初步成熟阶段（1965年～）：这个时期的特点是系统工程开始用于解决社会工程和经济管理领域中各种复杂系统的设计、制造、运行，以实现对系统的最优控制和最优管理，系统工程在理论上已具备较完整的体系。

1965年，美国学者编写了《系统工程手册》，比较完整地阐述了系统理论、系统方法、系统技术、系统数学、系统环境、系统元件等方面的内容，形成了一个较为完整的理论体系。此后，在日本、联邦德国和法国也有许多学者著书立说，并相继出版了有关系统工程方面的书籍，使系统工程在理论上趋于完善。从1961年美国总统宣布在60年代末实现人类登月的“阿波罗”计划后，美国航空与航天局在规划和实施这项计划时，运用系统工程的方法，如采用了网络计划评审技术、关键路线法、系统分析，并运用电子计算机进行各

种模拟，确保了这项耗资300亿美元，由42万人（120所大学和研究所、2万家企业）参加、制做了近300万个零部件、使用了600台计算机的宏伟计划在十年之内顺利完成。终于在1969年7月16日通过阿波罗11号宇宙飞船把3名宇航员送到月球，并在7月24日安全返回地面。这一计划的成功被誉为系统工程的杰作。与此同时，不少国家陆续开始引进、研究、运用系统工程，如日本从美国引进了系统工程方面的大量资料和技术，并把它推广到企业界，推行全面质量管理、价值工程等，并把系统工程的方法从系统分析、系统设计发展到系统制造、系统管理，取得了显著成就。苏联是从控制论开始研究系统工程的，在企业建立了许多自动化系统，在空间技术和国民经济计划方面也得到了一定的成效。至此，系统工程已在全世界范围内被人们公认是一门先进的科学方法，并在世界各国的共同努力下得到更加广泛的应用和发展。70年代以来，由于一些世界性的全局问题引起了各国的注意，如人口、能源、环境、资源等问题，人们已看到系统工程的方法用来分析解决这些问题的独特作用和重大意义。于是于1972年，在奥地利的维也纳成立了“国际应用系统分析研究所”（IIASA），有美国、苏联、加拿大、英国、法国、日本、捷克斯洛伐克等17个国家参加，确定了世界性的六个方面的课题，包括世界人口、资源、能源、粮食、环境保护及国土开发等。从而使系统工程的研究和应用又步入了一个新的时期。

我国研究和应用系统工程主要是从60年代开始的。1965年，华罗庚教授在全国范围内宣传、推广统筹法和优选法，使其在社会实践中发挥作用，这些方法实际上是系统工程方

法的一部分。从70年代后期开始，我国系统工程的全面研究和应用正式推向社会舞台，是以1978年9月钱学森发表《组织管理的技术——系统工程》的文章为标志的。在这篇文章中，钱学森积极宣传和呼吁对系统工程的研究和应用，并提出了系统工程是组织管理技术的思想。随后召开了一系列关于系统工程的学术讨论会，并成立了一大批系统工程的研究组织，部分院校开设了系统工程的专业课程。1980年2月，成立了中国科学院系统科学研究所，11月成立了中国系统工程学会，先后一些地区也成立了系统工程的学术团体。80年代后，系统工程便在能源、农业、军事、社会经济方面得到应用，并取得了显著成绩。

三、系统工程的应用范围

系统工程的应用范围极广泛，系统工程最初是从工程技术系统中发展起来的，但它的应用范围已扩大到社会领域，包括经济管理领域。钱学森已列出了14门专业的系统工程，它们是，工程系统工程，科研系统工程，企业系统工程，信息系统工程，军事系统工程，经济系统工程，环境系统工程，教育系统工程，社会系统工程，计量系统工程，标准系统工程，农业系统工程，行政系统工程，法治系统工程。其实这只是已知的领域，还会有其他系统工程专业，因为在现代这样一个高度组织起来的社会里，复杂的系统几乎是无所不在的，任何一种社会活动都会形成一个系统，这个系统的组织建立、有效运转就成为一项系统工程，同类的系统多了，这类系统工程就成为一门系统工程专业。

一般说来，系统工程特别适用于复杂的大型系统，但是

它的思想和方法已经完全超出这个范围；同时也适用于小规模的系统的发展和已有系统的革新和改造。对于一个企业系统来说，系统工程的方法可以适用于：生产发展规划，生产控制，新产品开发，库存管理，工艺选择，投资规划，技术改造等方面。

四、系统科学体系

系统科学是在自然科学、数学、社会科学三大部门之外的正在形成的一门新学科。正如自然科学分为基础科学、技术科学、工程技术三个层次一样，系统科学也有三个层次：基础科学——系统学；技术科学——运筹学、控制论、信息论等；工程技术——各类系统工程。

系统工程在系统科学体系中处于最底层，直接作用于客观世界，因而它是创造和改造世界的手段。系统工程要产生良好的实践效果，必须以它的理论基础——技术科学和基础科学作为指导。系统工程的发展不仅取决于社会实践的要求，也取决于它的理论基础的发展。目前，系统科学体系中的基础科学——系统学正处于组建之中，技术科学的内容也处在发展完善之中，这说明系统工程这门学科有待于进一步发展、完善，逐步趋于成熟。

第二节 系 统

要了解什么是系统工程，首先要了解什么是系统。

一、系统的概念

“系统”这个名词，在我们日常工作中和生活中应用得