

## 第一章

# 系统工程概述

### 第一节 系统工程的产生、发展及应用

#### 一、系统思想的产生与发展

社会实践的需要是系统工程产生和发展的动因。系统工程作为一门学科，虽形成于 20 世纪 50 年代，但系统思想及其初步实践可以追溯到古代。了解系统思想的产生与发展过程，有助于加深对系统概念、系统工程产生背景和系统科学全貌的认识。

##### 1. 朴素的系统思想及其初步实践

自从人类有了生产活动以后，由于不断地和自然界打交道，客观世界的系统性便逐渐反映到人的认识中来，从而自发地产生了朴素的系统思想。这种朴素的系统思想反映到哲学上，主要是把世界当作统一的整体。

古希腊的唯物主义哲学家德谟克利特曾提出“宇宙大系统”的概念，并最早使用“系统”一词；辩证法奠基人之一的赫拉克利特认为“世界是包括一切的整体”；后人把亚里士多德的名言归结为“整体大于部分的总和”，这是系统论的基本原则之一。

在古代中国，春秋末期的思想家老子曾阐明了自然界的统一性；西周时代，出现了世界构成的“五行说”（金、木、水、火、土）；东汉时期张衡提出了“浑天说”。

虽然古代还没有提出一个明确的系统概念，没有也不可能建立一套专门的、科学的系统方法论体系，但对客观世界的系统性及整体性却已有了一定程度的认识，并能把这种认识运用到改造客观世界的实践中去，中国在这方面尤为突出。

中国人做事善于从天时、地利、人和中进行整体分析，主张“大一统”、“和为贵”。如中医诊病讲究形、气、色综合辩证；中国人吃饭讲究色、香、味、鲜一体。

公元前 6 世纪，中国古代著名的军事家孙武，在他的《孙子兵法》中，阐明了不少朴素的系统思想和运筹方法。该书共十三篇，讲究打仗要把道（义）、

天(时)、地(利)、将(才)、法(治)等五个要素结合起来考虑。

秦汉之际成书的中国古代最著名的医学典籍《内经》，包含着丰富的系统思想。它根据阴阳五行的朴素辩证法，把自然界和人体看成由金、木、水、火、土五种要素相生相克、相互制约而形成的有秩序、有组织整体。人与天地自然又是相应、相生而形成的更大系统。《易经》也被认为是朴素系统思想的结晶。

在古代的工程建设上，都江堰最具代表性和系统性。都江堰于公元前256年由蜀郡太守李冰父子组织建造，至今仍发挥着重要作用。该工程由鱼嘴(岷江分流)、飞沙堰(分洪排沙)和宝瓶口(引水)等三大设施组成，整个工程具有总体目标最优化、选址最优、自动分级排沙、利用地形并自动调节水量、就地取材及经济方便等特点。

另外，还有宋真宗年间的皇宫修复工程、中国古代铜的冶炼方法、万里长城的修建等，也都应用了系统的方法。

## 2. 科学系统思想的形成

古代朴素的系统思想用自发的系统概念考察自然现象，其理论是想像的，有时是凭灵感产生出来的，没有也不可能建立在对自然现象具体剖析的基础上，因而这种关于整体性和统一性的认识是不完全和难以用实践加以检验的。早期的系统思想具有“只见森林”和比较抽象的特点。

15世纪下半叶以后，力学、天文学、物理学、化学、生物学等相继从哲学的统一体中分离出来，形成了自然科学。从此，古代朴素的唯物主义哲学思想就逐步让位于形而上学的思想。这时的系统思想具有“只见树木”和具体化的特点。

19世纪自然科学取得了巨大成就，尤其是能量转化、细胞学说、进化论这三大发现，使人类对自然过程相互联系的认识有了质的飞跃，为辩证唯物主义的科学系统观奠定了物质基础。这个阶段的系统思想具有“先见森林、后见树木”的特点。

辩证唯物主义认为，世界是由无数相互关联、相互依赖、相互制约和相互作用的过程所形成的统一整体。这种普遍联系和整体性的思想，就是科学系统思想的实质。恩格斯对此曾有过精辟的论述。

## 二、系统理论的形成与发展

从古希腊和中国古代的哲学家、军事家到近、现代许多伟大的思想家，都有过关于系统思想的深刻论述。但从系统思想发展到(一般)系统论、控制论、信息论等系统理论，是和近代、现代科学技术的兴起与发展紧密联系的，直到20世纪初、中叶才实现。

系统论或狭义的一般系统论，是研究系统的模式、原则和规律，并对其功能进行数学描述的理论。其代表人物为奥地利理论生物学家贝塔朗菲。

控制论是研究各类系统的控制和调节的一般规律的综合理论，“信息”与

“控制”等是其核心概念。它是继一般系统论之后，由数学家维纳在 20 世纪 40 年代创立的。

信息论是研究信息的提取、变换、存储与流通等特点和规律的理论。

从 20 世纪 60 年代中、后期开始，国际上又出现了许多新的系统理论。我国著名的科学家钱学森对系统理论和系统科学的发展有独到的贡献。

20 世纪下半叶以来，系统理论对管理科学与工程实践产生了深刻的影响。系统工程学的创立，则是发展了系统理论的应用研究，它为组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用提供了一种有效的科学方法。系统工程所取得的积极成果，又为系统理论的进一步发展提供了丰富的实践材料和广阔的应用天地。

### 三、系统工程的发展概况

系统工程从准备、创立到发展的阶段、年代（份），重大工程实践或事件及重要的理论与方法贡献等如表 1-1 所示。

表 1-1 系统工程的产生与发展概况

阶段	年代（份）	重大工程实践或事件	重要理论与方法贡献
I	1930 年	美国发展与研究广播电视系统	正式提出系统方法（Systems Approach）的概念
	1940 年	美国实施彩电开发计划	采用系统方法，并取得巨大成功
		美国 Bell 电话公司开发微波通信系统	正式使用系统工程（Systems Engineering）一词
II	第二次世界大战期间	英、美等国的反空袭等军事行动	产生军事运筹学（Military Operational Research），也即军事系统工程
	20 世纪 40 年代	美国研制原子弹的“曼哈顿计划”	运用系统工程，并推动了其发展
	1945 年	美国空军建立研究与开发（R&D）机构，此即兰德（RAND）公司的前身	提出系统分析（Systems Analysis）的概念，强调了其重要性
III	20 世纪 40 年代后期到 50 年代初期	运筹学的广泛运用与发展、控制论的创立与应用、电子计算机的出现，为系统工程奠定了重要的学科基础	



(续)

阶段	年代(份)	重大工程实践或事件	重要理论与方法贡献
IV	1957 年	H. Good 和 R. E. Machol 发表第一部名为《系统工程》的著作	系统工程学科形成的标志
	1958 年	美国研制北极星导弹潜艇	提出 PERT (网络优化技术), 这是较早的系统工程技术
	1965 年	R. E. Machol 编著《系统工程手册》	表明系统工程的实用化和规范化
		美国自动控制学家 L. A. Zadeh 提出“模糊集合”的概念	为现代系统工程奠定了重要的数学基础
	1961 ~ 1972 年	美国实施“阿波罗”登月计划	使用多种系统工程方法并获得巨大成功, 极大地提高了系统工程的地位
V	1972 年	国际应用系统分析研究所 (IIASA) 在维也纳成立	系统工程的应用重点开始从工程领域进入到社会经济领域, 并发展到了一个新阶段
	20 世纪 70 年代	系统工程的广泛应用在国际上达到高潮	
VI	20 世纪 80 年代	系统工程在国际上稳定发展, 在中国的研究与应用达到高潮	

#### 四、系统工程在中国的发展及应用

20 世纪 50 年代至 60 年代, 中国的一些研究机构和著名学者为系统工程的研究与应用作了理论上的探讨、应用上的尝试和技术方法上的准备。其主要标志和集中代表是钱学森的《工程控制论》、华罗庚的《统筹法》和许国志的《运筹学》。

中国大规模地研究与应用系统工程是从 20 世纪 70 年代末、80 年代初开始的。1978 年 9 月 27 日, 钱学森、许国志、王寿云在《文汇报》上发表了题为“组织管理的技术——系统工程”的长篇文章; 从 1978 年起, 西安交通大学、天津大学、清华大学、华中科技大学 (原华中工学院)、大连理工大学 (原大连工学院) 等国内著名大学开始招收第一批系统工程专业硕士研究生; 1980 年 11 月, 中国系统工程学会在北京成立; 1980 年 10 月至 1981 年 1 月, 中国科协、中央电视台同中国系统工程学会、中国自动化学会联合举办“系统工程电视普及讲座 (45 讲)”, 取得了良好的社会效果。

20 世纪 70 年代末以来, 应用系统工程理论和方法来研究与解决中国的重大现实问题, 在许多领域和方面取得了较好的效果, 如: 人口问题的定量研究及应用 (始于 1978 年)、2000 年中国的研究 (1983 ~ 1985 年)、全国和地区能源规划 (始于 1980 年)、全国人才和教育规划 (始于 1983 年)、农业系统工程 (始