



第1章

系统科学



学习目标

1. 了解系统科学的形成和发展。
2. 掌握系统的定义与特性。
3. 理解系统的分类。



引例

中国航天与系统科学

在创建我国导弹和火箭研究体系之初,钱学森就意识到:现代复杂工程系统的开发与传统工程研制有很大不同,必须建立具有宏观谋划指导与系统设计控制、管理职能的总体研究机构。据此,他提出了建立导弹研究院。钱学森立足国情,在航天科研实践中运用了工程控制论的方法,使我国航天科研管理正规化、科学化。在钱学森思想的指导下,航天科技创造性地运用了系统工程理论和方法,从建立总设计师和行政指挥两条指挥线,到全面实施矩阵管理、项目管理、“零缺陷”管理,形成了科学严密的组织管理体系,丰富和完善了整体优化、系统协调、环境适应、创新发展、风险管理、优化保证等系统工程的核心理念。成千上万的研究人员,数量众多的部门和单位,难以计数的设备,数额庞大的经费,要求严格、种类繁多的物质、器材,在系统工程方法的指导下,协调一致地组织起来,有序地投入这一工程的研究、设计、试制、试验和生产过程中去,建立起了一个高效有序的导弹火箭工程开发组织管理体系。

虽然中国的系统工程还属于工程系统工程的范畴,但也包含了人、团队、管理和文化等方面的因素。中国特色系统工程思想典型的代表就是中国航天的“两总系统”。“两总系统”是根据中国当时的体制建立的,由总师保障技术和业务,总指挥负责行政指挥和后勤保障。人、团队和文化等方面的因素在这个系统中得到了很好的规划和管理。

2011年,中国航天工程咨询中心正式更名为中国航天系统科学与工程研究所(以下简称系统院)。系统院是中国航天发展主要的咨询研究和信息技术研发机构,肩负着集团总部智囊团和发展战略参谋部、信息化建设总体部、信息系统技术与运行保障部、共性软件开发部和软件产业推进部的重要使命。此外,系统院具有开发大型应用软件系统的技术储备和工程经验,在各类信息管理系统开发方面具备较强的能力,在企业门户系统、综合办公管理、信息管理应用系统、ERP等方面也积累了丰富的经验。

面对日益复杂的挑战,系统科学的工程方法是航天工程项目成功的重要保证,系统复杂性理论为航天项目组织管理问题的解决提供了新视角和新思路。同时,在航天工程的实践中通过对组织机构复杂性管理的认识,逐步总结出并形成以整体创造力为目标的社会组织系统工程方法,进而推动系统科学和管理科学的发展。

资料来源:

- [1] 胡世祥,张庆伟.中国载人航天工程——成功实践系统工程的典范[J].中国航天,2004(10): 3-6.
- [2] 郭宝柱.系统科学的理论与方法在航天项目管理中的应用[J].宇航学报,2008,29(1): 29-33.

1.1 系统科学的形成和发展

系统的思想很早就已经开始出现,如亚里士多德提出的“整体大于部分之和”,就初步具备了整体论的系统观。此后,西方的德谟克利特和柏拉图的观点,东方的《黄帝内经》和《道德经》等,也有一些内容体现了“系统”的思想。而直到20世纪20年代,系统科学才逐步形成理论体系。1924—1928年,美籍奥地利理论生物学家贝塔朗菲(Ludwig von Bertalanffy, 1901—1972)(图1.1)多次发表文章,表达了系统论的思想。他提出生物学中有机体的概念,强调必须把有机体当作一个整体或系统来研究,才能发现不同层次上的组织原理。他在1932年发表的《理论生物学》和1934年发表的《现代发展理论》中提出用数学模型来研究生物学的方法和机体系统论的概念,将协调、有序、目的性等概念用于研究有机体,形成研究生命体的三个基本观点,即系统观点、动态观点和层次观点。他的这些观点形成了一般系统论的理论前身。此后,随着系统科学理论不断丰富,越来越多的学者和专家逐步加入这一领域的研究,如鲍尔丁、萨缪尔森、霍尔等;越来越多的学科知识逐步融入系统科学之中,如数学、物理、逻辑学、控制论、信息论、社会学等。同时,系统科学的应用领域也越来越广泛,如生物学、管理学、经济学、医学、工程学,等等。



图 1.1 贝塔朗菲

1.1.1 系统科学的发展历程

追溯系统科学的发展过程,可以分为以下三个阶段。

1. 20世纪40年代至50年代,系统科学的形成和主张

早期的系统科学,包括了一般系统论、信息论和控制论,即俗称的“老三论”,这是系统

科学形成初期的核心知识体系。

(1) 一般系统论。一般系统理论是由美籍奥地利理论生物学家贝塔朗菲创立的。1937年,贝塔朗菲在芝加哥大学的一次哲学讨论会上提出了一般系统理论的概念。他对文艺复兴时期以来形成的机械论和还原论的观点和方法提出质疑,指出分析方法的局限性,提出了要用系统方法解决问题。一般系统论提出了许多基本的概念,如系统整体性、关联性、有序性、方向性、目的性等。他还提出,一般系统论从生物和人的角度出发,这类问题的解决不能沿用无机界的机械论的分析方法;并且提出不能把各个部分简单拼加成整体,必须考虑子系统与整个系统的相互关系,才能认识各部分的行为和整体。20世纪50年代,贝塔朗菲与经济学家鲍尔丁、生物学家杰拉德、生物数学家拉波波特,共同发起成立了“一般系统研究会”,吸引了大批的科学家,在西方学术界产生了很大影响,这四人也被认为是“系统科学运动之父”。

(2) 信息论。随着一般系统理论的发展,信息理论应运而生。1948年后,美国数学家克劳德·艾尔伍德·香农(Claude Elwood Shannon,1916年4月30日—2001年2月26日)(图1.2),从研究通信过程的角度,相继发表了《通讯的数学理论》《在噪声中的通信》,研究了通信过程中的信息定义、度量、转换、传输、接收、处理、储存和控制等问题,运用数学统计方法,从量的方面描述信息的传输和读取问题,提出了信息量理论、编码理论等,建立信息熵的数学公式。这两篇文章是现代信息论的奠基之作。同时香农进一步扩展了信息论的范围,使其能处理语用信息、语义信息、非概率信息等广义信息。

(3) 控制论。1948年,美国数学家诺伯特·维纳(Norbert Wiener,1894—1964)(图1.3)将生理学、生物学、行为科学等学科中的有关控制问题的研究成果与机器控制原理的伺服系统理论相结合,陆续发表了《控制论》《平稳时间序列的外推、内插和平滑化》等文章,创立了控制论。他从系统科学的角度,概括出具有一般意义的概念、原理、方法和模型。控制论被认为是综合性、基础性的学科,不同于一般系统论,它只着眼于信息方面,只研究系统的行为方式。控制论的发展与复杂性研究紧密结合,逐渐被应用于工程控制、神经控制、经济控制、军事控制、生物控制、人口控制、生态控制和社会控制等众多领域,以处理其中的复杂系统控制问题。

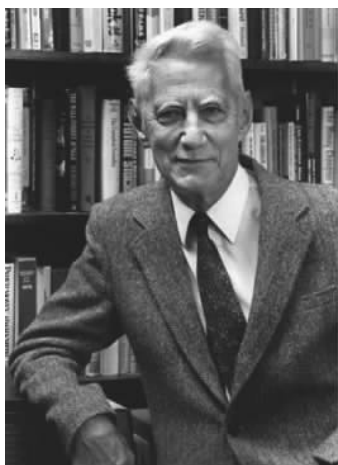


图 1.2 克劳德·艾尔伍德·香农



图 1.3 诺伯特·维纳

2. 20 世纪 60 年代至 70 年代,系统科学的大发展

耗散结构论、协同学、突变论是 20 世纪六七十年代以来陆续确立并获得快速发展的三门系统科学的分支学科,合称“新三论”。这三门学科和混沌理论又构成了自组织理论的核心,极大地丰富了系统科学的理论体系。

(1) 耗散结构论。1969 年,比利时物理化学家、布鲁塞尔学派代表人物——伊利亚·普利高津(Ilya Prigogine)教授(图 1.4),吸取一般系统理论的基本思想,研究复杂系统的自组织现象,建立总熵变公式,进一步探索出一套具有特色的自组织理论——耗散结构论。耗散结构理论是研究耗散结构的特性、稳定和演变规律的科学,把统计学、热力学和物理学从平衡状态推广到非平衡状态,建立时间、空间和功能上的有序演化状态。他的代表作是《结构耗散和生命》《时间不可逆性和结构》。他于 1977 年荣获了诺贝尔化学奖。

(2) 协同学。1969 年,德国物理学家赫尔曼·哈肯(Hermann Haken,1927 年 7 月 12 日—)(图 1.5)提出了“协同学”这一概念。1988 年,哈肯在总结激光理论的基础上,出版了《高等协同学》一书,创立了协同学。协同学是关于系统如何协同工作的科学,它吸取了平衡和非平衡相变理论来描述自组织现象的成果,结合激光理论,总结出一套处理激光系统的自组织理论和方法。他发现激光在远离平衡状态和平衡状态均为有序状态。并发现,系统内部各个子系统之间的相互作用能够自发产生稳定的有序结构。协同学提出了三大原理:支配原理、不稳定性原理和序参量原理。在稳定性分析、方程的建立和模型优化及自组织机制的描述方面都更加深刻,通过分类、类比等方法,来描述各种系统和运动现象中从无序到有序转变的共同规律,为处理系统中的自组织问题提供了理论和方法。



图 1.4 伊利亚·普利高津



图 1.5 赫尔曼·哈肯

(3) 突变论。1972 年,法国数学家勒内·托姆(René Thom,1923 年 9 月 2 日—2002 年 10 月 25 日)(图 1.6)出版《结构稳定性与形态发生学》一书,他提出了一种描述现实世界的形态形成中的突变现象的理论,即突变理论。在自然界和人类社会活动中,除了存在平滑的、渐变的、连续的运动之外,还存在着大量的跃迁现象。它主要是研究连续作用导致不连续结果的现象,提供了一种研究不连续性、跃迁和突然变质的更广范围的数学框架。突变现象的一个特点是外界条件的微变导致系统宏观状态的剧变,这种突变现象只

能在非线性系统中才能出现。勒内·托姆拓展了贝塔朗菲的思想,用结构稳定性理论,摒弃不连续现象的特性,以统一的方法来解决形态形成的系统演化问题。突变理论是耗散结构论和系统学的数学基础和工具,它以辩证的方法处理不稳定与稳定、间断与稳定、突变与渐变等矛盾,将其用简洁的模型表现出来。

(4) 混沌理论。20 世纪 60 年代,数学家阿诺德、科尔莫高洛夫和莫什尔对系统的稳定性进行研究,并提出 KAM 定理(卡姆定理,KAM theorem)。气象学家洛伦兹对耗散动力系统进行分析,得到了一个微分方程组,即著名的洛伦兹方程;他还在混沌研究中发现了第一个奇怪吸引子——Lorenz 吸引子,为混沌研究提供了一个重要模型。1975 年美籍华人学者李天岩和他的导师数学家约克(Yorke J.)在美国《数学月刊》发表了名为《周期 3 意味着混沌》的著名文章,深刻地揭示了从有序到混沌的演化过程,形成了著名的 Li-Yorke 定理,描述了混沌的数学特征。1981 年,F. Takens 等在 Whitney 的拓扑嵌入定理上,提出了判定奇异吸引子的实验方法。20 世纪 90 年代以后,混沌科学的应用研究越来越受到重视,混沌学提供了一个将两种互不相容的描述体系(即确定论描述和概率论描述)统一起来的方法,从而更加深刻、客观地描绘出系统演化的完整图像。混沌理论与其他学科相互渗透、相互促进,如数学、物理学、天文学、化学、信息科学、地质学、生物科学、经济学等,取得了很多的研究成果。



图 1.6 勒内·托姆

(5) 系统管理学派。随着一般系统论的发展,一些学者把他们的研究成果应用于管理学,形成了系统管理学派,其代表人物是美国管理学家约翰逊(R. A. Johnson)、卡斯特(F. E. Kast)和罗森茨韦克(J. E. Rosenzweig)。1963 年,他们合著了《系统理论和管理》,成为系统管理学的奠基性著作。1970 年卡斯特与罗森茨韦克又合著了《组织与管理:系统与权变的方法》,对系统管理进行了全面的论述。系统管理学派认为企业是由人、物资、机器设备和其他资源在特定的目标下组成的一体化系统,人是众多要素中的主体,其他要素则是被动的。企业是一个开放的系统,它与周围环境(如自然环境、客户、竞争者、供应商、政府等)之间存在着动态的相互影响,并具有内部和外部的信息反馈机制,能够不断地自动调节,以适应环境变化和自身成长的需要。系统管理具备 4 个特点:一是以目标为中心,始终强调系统的客观成就和客观效果;二是以整个系统为中心,强调整个系统的最优化而不是子系统的最优化;三是以责任为中心,分配给每个管理人员一定的任务,而且要能衡量其投入和产出;四是以人为中心,每个员工都被安排做具有挑战性的工作,并根据其业绩支付报酬。系统管理学派主张,在进行系统分析时首先应建立系统的目标;其次应从系统的整体利益出发,使局部利益服从于整体利益,既要考虑当前利益,又要考虑长远利益;还要做到抓住关键问题,采用定量分析和定性分析相结合的方法。系统管理学派还运用系统方法对组织理论进行研究,认为在一个复杂的管理系统中存在着执行不同任务的 3 个子系统——战略子系统、协调子系统和作业子系统。

3. 20 世纪 80 年代以来,系统科学的繁荣

非线性和复杂性的研究是 20 世纪 80 年代以来兴起的,推动系统科学更加繁荣。非

线性科学是研究各个科学领域中非线性的共性问题,即一切事物作为系统,内部结构、系统功能及演化过程都是相互作用的结果。它不仅讨论系统的平衡,还讨论振荡和混沌、分岔问题,这就为研究系统的复杂性奠定了科学基础。

复杂性研究始于 20 世纪 80 年代中期。1984 年,以盖尔曼、阿罗和安德森为首的不同领域的科学家聚集到一起,于美国墨西哥州成立圣菲研究所,主要研究横断学科的复杂性。它指的是:“地球生命出现前的导致生命化学反应,生命进化本身,个体生命有机体和生态共同体的功能,生命子系统如哺乳动物免疫系统以及人类大脑的运作,人类文化的进化,计算机硬件和软件的功能,地球上各种经济系统的进化,组织与社团的进化等的各种各样的过程。”科学家们把生态、遗传、胚胎、神经、经济、计算机网络称为复杂适应系统,认为存在普遍的规律控制着复杂适应性系统的行为。

1987 年,我国钱学森教授提出了开放的复杂巨系统。他发现复杂巨系统有开放性的,也有封闭性的。开放性,如改革开放等;封闭性,如闭关锁国、小农经济等。他把马克思主义思想融入系统研究,用唯物主义和辩证法开拓出一条系统可持续研究的新思路。钱学森提出:“要尽量把许多人的认识综合起来,形成一种整体的东西。”采用从定性到定量的综合集成法,把系统科学、统计数据和专家经验结合起来,以电子信息技术为核心,提出具有技术先进性的科学方法。综合集成方法是一种包括科学的、感性的、经验的、理性的、定性和定量知识的方法。这一研究虽然在理论分析与应用上还存在较多的困难,但对思维科学、人工智能、脑科学等方面的研究具有重要意义。钱学森指出:研究开放的复杂巨系统不仅需要逻辑思维、科学方法,还需要将逻辑思维与形象思维结合起来,把理论与实践结合起来,充分发挥人的主观能动性;在认识 and 实践中多次循环反复,实现从量变到质变的飞跃。综上所述,复杂系统理论强调系统的动态性、开放性、非线性、内随机性、自主性等,把决定论和非决定论、还原论和整体论等辩证地统一起来,形成一种综合性的研究纲领。

1.1.2 主要系统科学学派

在系统科学的形成过程中,由于很多学者来自不同的领域,他们的研究对象、视角、方法和工具等有所不同,因此形成了多个学派,见表 1.1。这些学派都是基于系统的思想,研究内容相互联系和补充,形成了多元化的系统科学体系。

表 1.1 系统科学理论的代表性学派

学 派	代 表 人 物	代 表 作	主要研究内容
数学系统 学派	麦萨罗维克(M. Mesorovic)、 高原康彦(Y. Takahara)	《一般系统论:数学基 础》《抽象系统理论》	将数学系统论应用于管理科学, 提出了数学组织理论(MOT),提 出了目标搜索系统模型和一般组 织模型
系统分析 学派	霍尔(Arthur D. Hall)	《系统工程方法论》	构建了时间维、逻辑维和知识维 的“三维空间结构”,概括了系统 工程的一般过程。强调明确目 标,核心内容是最优化

续表

学 派	代 表 人 物	代 表 作	主要研究内容
运筹学派	罗 素 · 艾 可 夫 (Russell Ackoff)	《运筹学》《社会再设计》 《击败系统：凭借创造力来取胜官僚主义》	主要是将生产、管理等事件中出现的带有普遍性的运筹问题加以提炼，然后利用数学方法进行解决。艾可夫开创了“社会系统时代”的管理理论
系统动力学派	福瑞斯特(Jay W. Forrester)	《工业动力学》	是一种以反馈控制理论为基础，以计算机仿真技术为手段，用来研究复杂的社会经济系统的定量方法
复杂系统进化论学派	艾伦(Peter Allen)	《复杂系统的演化和创造力建模》	创建了一个新的模型，显示了多样性创建机制和物质世界的竞争约束之间是如何对话并产生生态结构的
耗散结构学派	普利高津(I. Pringogine)	《非平衡统计力学》《非平衡系统中的自组织》 《确定性的终结》	提出开放是前提，“非平衡是有序之源”，涨落导致有序的观点，对纠正“平衡有序”观点有着重要意义
协 同 论 学派	哈肯(Hermann Hakenn)	《协同学：一门协作的科学》《协同学——物理学、化学和生物学中的非平衡相变和自组织引论》 《高等协同学》	用演化方程来研究协同系统的各种非平衡定态和不稳定性
突 变 论 学派	托姆(R. Thom)	《形态发生动力学》《生物学中的拓扑模型》 《结构稳定与形态发生》	系统的非连续性突然变化现象和规律。通过突变论能够有效地刻画系统状态变化的相变过程
系统管理学派	约翰逊(R. A. Johnson)、卡斯特(F. E. Kast)和罗森茨韦克(J. E. Rosenzweig)	《系统理论和管理》《组织与管理：系统与权变的方法》	系统管理学派是从系统观点来看问题，在企业管理中要根据企业所处的内外条件随机应变，没有什么一成不变、普遍适用、“最好”的管理理论和方法

1.1.3 系统科学在中国的发展

中国系统科学研究的兴起，应追溯到 20 世纪 50 年代，钱学森和许国志将运筹学引入国内，并在中国科学院力学研究所组建了运筹学教研组。此后，在钱学森、华罗庚、许国志、宋健等人的大力推广下，中国逐渐兴起了系统科学研究的浪潮，涌现出了一大批出色的系统科学研究者。

钱学森(1911 年 12 月 11 日—2009 年 10 月 31 日)(图 1.7)，世界著名科学家，空气动力学家，中国载人航天奠基人，中国科学院及中国工程院院士，中国“两弹一星”功勋奖章获得者，被誉为“中国航天之父”“中国导弹之父”“中国自动化控制之父”和“火箭之王”。在系统科学方面的代表作有《论系统工程》《创建系统学》等。

1934年,钱学森毕业于交通大学机械与动力工程学院,曾任美国麻省理工学院和加州理工学院教授。1955年,在毛泽东和周恩来同志的争取下回到中国,开创并领导了中国的国防系统分析研究工作。

钱学森是我国一位伟大的科学家,在长达70多年的科学研究中,他的研究内容涵盖了科学、工程、技术与哲学等领域,特别是在不同学科与领域相互交叉、利用与融合的系统科学研究方面,做出许多开创性的突出贡献。

钱学森对于系统科学的研究大致可分为三个阶段:第一阶段是工程控制论研究,主要是他在美国从事自然科学技术研究的20年,1954年《工程控制论》的面世,表明他的研究已从自然学科领域迈入了系统科学领域;第二阶段是系统工程研究,在他回国后的30年间,他将自己的精力主要集中于开创我国火箭、导弹和航天事业上,其系统科学思想及方法在“两弹一星”的成功研发中得到了很好的实践;第三阶段是系统学研究,该阶段也是他的晚年时期,钱学森把其全部精力投入了学术研究中,最终创建了系统科学体系与现代科学技术体系。钱学森在系统科学结构体系的许多层面都做出了巨大的贡献,其中最重要的是系统学的创建与开放的复杂巨系统及其方法论的提出,他将复杂巨系统科学引入了系统科学体系,很大程度上丰富了系统科学研究体系。



图 1.7 钱学森

1. 创建系统学与综合集成方法

在钱学森提出建立系统学之后不久,其相关学术研究就以“系统学讨论班”的形式展开,通过这些学术讨论,基于复杂性层次的不同,他首先提出了新的系统分类,并将控制的思想与概念引入系统学。在此基础上,钱学森将系统论方法具体化,提出了综合集成方法,该方法把专家体系、信息与知识体系、计算机体系有机地结合起来以构成一个高度智能化的人机结合体系,从而有效地处理复杂系统、复杂巨系统 & 社会系统问题。

2. 开创复杂巨系统科学与技术新领域

钱学森指出生物体系统、人体系统、地理系统、社会系统、星系系统等都是复杂巨系统的代表,其中社会系统作为最复杂的系统被定义为特殊复杂巨系统。这些系统是开放的,并不断与外部环境有物质、能量和信息的交换,所以又称做开放的复杂巨系统。钱学森不但提出了开放的复杂巨系统的相关概念,而且还提出了处理该系统的方法,从而开创了复杂巨系统的科学与技术这一领域。

作为一名系统科学家,钱学森对系统科学的研究涉及不同的层次与分支,并取得了一些重大的研究成果。他对系统科学领域的成就与贡献不仅将他的科学创新精神体现得淋漓尽致,同时也深刻地展现了他的科学思想与方法,他是一位名副其实的科学泰斗与科学大师。

华罗庚(1910年11月12日—1985年6月12日),世界著名数学家,中国科学院院士,美国国家科学院外籍院士,第三世界科学院院士,联邦德国巴伐利亚科学院院士。他

是中国在世界上最有影响力的数学家之一,被列为芝加哥科学技术博物馆中当今世界 88 位数学伟人之一。华罗庚创立了优选法和统筹法,这是系统科学的新学科。优选法即最优化方法,它研究如何用较少的试验次数迅速找到最优方案。统筹法是一种安排工作进程的数学方法,主要用于计划管理和进度管理。它以网络图为表现形式,设计并优化工作计划,选择最优工作方案,从而达到预定目标,获得最佳经济效益。华罗庚致力推广“双法”20 年,亲自带领学生到一些企业工厂推广和应用“双法”。1981 年 3 月正式成立了“中国优选法、统筹法与经济数学研究会”(中国科协下的全国性学会),华罗庚任第一届理事长。优选法和统筹法的推广促使系统科学更有效地服务于现实中的生产和生活,对国民经济建设做出了卓越的贡献。

许国志(1919 年 4 月 20 日—2001 年 12 月 15 日),我国著名的系统工程、运筹学专家,中国工程院院士。1943 年毕业于上海交通大学,1949 年获美国堪萨斯州大学理学硕士,1953 年获堪萨斯州大学哲学博士。中国科学院系统科学研究所研究员。曾任中国系统工程学会理事长。中国系统工程的主要创建人之一。他从 20 世纪 80 年代开始系统工程的研究,参与筹建了中国科学院系统科学研究所和国防科技大学系统工程与数学系;创建了中国系统工程学会及第一个系统工程的刊物——《系统工程的理论和实践》。他培养了一大批运筹学和系统科学方面的专门人才,为系统工程在我国的经济建设、国防建设、决策分析等方面的应用起到了重要的促进作用。

戴汝为,于 1991 年当选为中科院院士,现担任中国自动化学会理事长,国务院学位委员会自动化学科评审组召集人等工作。他应聘为清华大学、汕头大学、中国科技大学等近三十余所高校的兼职教授或名誉教授,中科院自动化研究所与青岛大学共建“系统医学与中医药科学研究中心”首席科学家。20 世纪 60 年代,他解决了用极大值原理解最速控制、终值控制的数值计算问题。70 年代,他最早在国内开展模式识别研究。80 年代初,他把统计模式识别与句法模式识别结合起来,提出了语义、句法方法。80 年代后期,他率先在国内开展了人工神经网络研究。90 年代,他从事开放的复杂巨系统及处理这类系统的方法的研究,把综合集成的构思用于模式识别,提出集成型模式识别的学术观点,倡导和推动了国内复杂性科学的研究。在系统科学领域,他的代表性著作有:《从定性到定量的综合集成(hetasynthesis)——开放的复杂巨系统的方法论》《复杂巨系统科学——一门 21 世纪的科学》《智能系统的综合集成》等。

汪应洛,我国著名的管理科学与工程专家、教育家,中国工程院院士,曾任中国系统工程学会第 2~4 届副理事长。率先将管理工程、系统工程、工业工程三个领域融会贯通,形成具有中国特色的系统管理学派。他的理论与方法应用于工程管理和社会经济问题中,取得了突出成绩。他对我国管理科学学科体系进行了深入系统的研究,出版《管理科学学科发展战略》《系统工程》《系统、管理、战略》《企业管理系统工程》《战略研究理论与企业战略》《战略决策》等著作,是我国系统科学与管理科学融合发展的重要奠基人。他曾率先建议国家设立工商管理硕士学位(MBA),在国内首先倡导应用系统工程方法开展教育系统工程研究,最早提出了和谐理论,建立了系统状态的和谐性诊断模型、系统演变过程中的优化模型等,并广泛应用于区域发展和企业发展的研究之中。

成思危(1935 年 6 月—2015 年 7 月 12 日),教授级高级工程师,是我国著名的经济学

家和社会活动家,第九届、第十届全国人民代表大会常务委员会副委员长,中国科学院研究生院管理学院院长,中国科学院虚拟经济与数据科学研究中心主任,中国软科学研究会理事长,被誉为“中国风险投资之父”。成思危先生的主要研究领域为化工系统工程、软科学及管理科学。兴起于 20 世纪 80 年代的复杂性科学,是系统科学发展的前沿领域之一,复杂性科学与管理科学相结合成为这一领域中的热点问题。成思危领导了我国管理科学复杂性方面的研究,他的很多研究成果集中在对经济系统的非线性和混沌性的研究上,同时也带动了一大批相关领域的研究,为推动我国管理科学的发展做出了巨大贡献。

汪寿阳,中国科学院杰出研究员,中国科学院数学与系统科学研究院副院长,中国科学院预测科学研究中心主任。同时兼任中国运筹学会副理事长、中国系统工程学会副理事长等。他致力于决策分析、经济预测、冲突分析和系统工程等领域的研究。他在金融管理、物流与供应链管理、冲突分析与对策论、决策分析与经济预测等领域做了一些得到国际同行高度好评和政府有关决策部门高度重视的研究工作。他基于多目标决策的权衡分析提出的解决多派冲突的分析方法被国外环境专家作为主要方法用于解决国际环境谈判问题。

在系统科学领域,中国的杰出学者还有很多,他们创立了一批系统科学的新学科或重要分支,如邓聚龙的灰色系统理论、吴学谋的泛系理论、蔡文的物元分析法、魏宏森的广义系统论、吴彤的自组织理论等。这些理论的形成和发展对我国系统科学的研究和推广具有深远的作用,同时也在国际上产生了重要的影响。

除了杰出的学者外,我国在系统科学领域也有很多有影响的研究组织。如中国系统工程学会、复杂性与系统科学哲学专业委员会和中国系统科学研究会。中国系统工程学会是中国系统科学和系统工程科学技术工作者的学术性社会团体,是中国科学技术协会的组成部分。主要刊物有《系统工程理论与实践》《系统工程学报》《Journal of Systems Science and Systems Engineering》。复杂性与系统科学哲学专业委员会是中国自然辩证法研究会的组成部分。中国系统科学研究会组织和开展关于系统科学理论与应用研究的全国性的学术性团体,主要刊物为《系统科学学报》。这些学术组织的形成便于学者们交流系统科学的研究成果,有利于促进该学科的发展。

我国的系统科学研究还处在成长阶段,在对系统科学多元化发展的同时,会进一步完善系统科学的概念、观点、特点、研究方法等,从而使该学科形成一个稳定的体系,更注重系统科学在实际中的应用和推广。

1.2 系统的定义与特性

1.2.1 系统的定义

系统(system)一词来源于古希腊文 systema,是指由相互联系、相互区别、相互作用的元素所形成的,具有特定功能的集合或整体。

《世界大系统》(德漠克立特著)一书中最早出现了“系统”一词。对系统的研究始于工程和军事领域,随后延伸到经济、生物和社会管理等众多领域。学者们定义系统都是围绕