

系统学

——社会系统科学发展的基础理论

唐恢一 编著

SYSTEMATOLOGY



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

系统学

社会系统科学发展的基础理论

唐恢一 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书是响应我国的战略科学家钱学森创建系统学的伟大号召所作的初步尝试,结合社会系统科学发展问题的探讨而立论,故可作为一种基础理论,以适应当今学习实践科学发展观的需要。书中在将钱学森的相关思想和学说整理进系统框架的同时,着重探讨社会系统这种开放的特殊复杂巨系统的从定性到定量的分析和综合方法,从而为社会系统工程的方法建立起初步的框架,为其量化处理和可操作性指出了技术路线。本书为系统学建立了初步的框架,在国内外属于前沿性的探讨。本书可供系统科学研究者、社会科学研究者、高校相关学科师生和各级领导干部参考。

图书在版编目(CIP)数据

系统学:社会系统科学发展的基础理论/唐恢一编著. —上海:上海交通大学出版社,2013

ISBN 978-7-313-10447-2

I. ①系… II. ①唐… III. ①社会系统学派—理论研究 IV. ①C93-06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 239536 号

系统学:社会系统科学发展的基础理论

编 著:唐恢一

出版发行:上海交通大学出版社

地 址:上海市番禺路 951 号

邮政编码:200030

电 话:021-64071208

出 版 人:韩建民

印 制:上海交大印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:850mm×1168mm 1/32

印 张:6.125 字 数:159 千字

版 次:2013 年 12 月第 1 版

印 次:2013 年 12 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-313-10447-2/C

定 价:35.00 元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:021-54742979

**献给钱学森诞辰
一百周年纪念**

前 言

创建系统学是我国的战略科学家钱学森先生(1911年12月11日—2009年10月31日)的遗愿。他生前曾在这方面留下了大量的思考和学说。他曾说,系统学(systematology)作为系统科学的基础理论,以其对现代科学技术体系影响之大,其创建可能意味着新的科学革命,其意义将不亚于20世纪相对论和量子力学的创建。他还指出,系统学的创建要着眼于复杂性最高等级的系统——开放的复杂巨系统(OCGS);将复杂性较低等级的系统作为特例来处理。开放的复杂巨系统的概念及其方法论,是系统科学中国学派的旗手——钱学森首先于1990年提出来的;他还早在20世纪70年代末就提出了社会系统工程(简称社会工程)的命题,指出只有在社会主义制度下,在马克思主义哲学的指导下,才有可能实施社会系统工程这种全社会规模的组织管理技术。因此,我国在创建系统学方面具有优越条件,理应在这方面取得成就。这也是在中国特色社会主义建设科学发展中提高预见性所迫切需要的。

本书的编写,力求把钱学森的相关思想与学说系统化,并遵循他的指导思想,力求把现代系统科学的相关理论融会贯通,并吸取运筹学、控制论、信息论、微分动力学、非线性动力学等相关的基本理论,纳入一个系统的理论框架,以求形成这门基础理论的学科。

这样高的要求必须集合学术界的集体努力方可望取得初步的成果,个人的一点绵力只能起到抛砖引玉的作用而已。

系统学的新启示

在处理社会系统工程——这种开放的特殊复杂巨系统的基础上,我们对于系统科学的基础理论——系统学的构建,应该能够得到新的启发。

关于有生命的开放的复杂系统的发展规律,可以凸显以下要点:

(1) 及时抓住机遇,克服挑战,追求优化目标,以保持系统的生存、有序和稳定。

(2) 系统控制尽可能发挥自组织和成员自觉性的作用,发挥成员的独立自主性和创新性,微观放活,宏观调控;创新性出现在混沌的边缘。

(3) 超循环的催化作用,注入生命和创新的活力。

(4) 在与外界不断进行物质、能量、信息交换的条件下,通过成员和子系统之间的竞争和协作,使系统整体涌现出强大的新功能。

(5) 发展从量变到质变,经过分叉产生系统结构的相变(飞跃);选择、交叉和变异,是生命系统遗传和优化的基本机制。

生命系统趋向整体优化的目标和途径并非自然现成的或先验明确的,而是需要经过不断的探索(试错、纠错、克服种种弊端),才能逐步取得共识;需要经过一个认识过程。在运筹学中,对偶定理提供了一种优化判据。例如在线性规划中,一项原始规划的对偶规划是与之相反的规划,两者可以互证其各自的可行解为最优解。这对于事理学中的决策提供了一种依据。相反的道路实在走不通,才能促使人们下决心走上正道。这也说明了事物的发展往往要经过曲折道路的道理。

系统状态(system state)在本质上表现为功能态(eigenstate),如果其演化轨迹有明确的吸引子,可称为系统功能态(system eigenstate),或简称系统态。生命系统(包括社会系统)

结构与功能态的转变,基本动力在于其求生存与发展及优化的愿望。对于社会系统而言,即生产力与经济的发展且要求生产关系与上层建筑与之相适应,这要通过革命或改革来实现。

系统状态中,序是宏观稳定特征;而局部的混沌则是生动活跃的源泉,它可促使整体之序走向更有效。创造性产生于混沌的边缘。有序与混沌是辩证统一的关系,具有互相转化的特性。低层次的混沌可能产生高层次的有序,反之亦然。

生命系统(包括社会系统)协调有序的优化发展,要求系统成员具有共同的利益和目标。如果系统的内部结构失去了均衡性和协调性,也就会失去有序性和稳定性,系统整体共同的利益和目标将无从谈起,系统整体的优化发展也就会丧失条件和基础。

系统发展的基本规律取决于系统内在的基本矛盾,这种基本矛盾和基本规律制约着系统生命期内各个阶段的发展。系统在不同的发展阶段,有其主要矛盾及各种矛盾,它们是系统为继续推进其发展所必须解决的矛盾。主要矛盾是具有关键重要性的矛盾,它的解决有助于带动其他矛盾迎刃而解。在矛盾斗争的过程中,矛盾的双方互相消长,居于优势的方面称为矛盾的主要方面,它具有互相转化的可能性。在系统分析和优化控制的过程中,及时抓住主要矛盾,并充分利用机遇,迎接挑战,同时相应地解决各种矛盾,是马克思主义的重要策略。

系统学是现代系统科学的基础理论,是建立在现代科学技术及其体系的基础上的,并具有普遍的适用性。它受马克思主义哲学的指导,并反过来促进马克思主义哲学的发展。系统学既具有高度的科学性,又同马克思主义哲学具有非常密切的关系。

钱学森系统科学学派的核心,其实就是把现代系统科学同马克思主义哲学结合起来,形成一个思维科学,即从应用技术到基础理论到哲学的科学体系。其应用技术是从定性到量的综合集成法,提高到思维科学的理论以至其哲学认识论。这样,系

统科学就不是完全依赖计算机,马克思主义哲学思维也不是完全依赖人脑,而是靠人-机结合、以人为本的超级智慧体。只有这样的系统科学体系,才能作为应对开放的复杂巨系统的方法论,开辟一个科学的新领域。

绪 论

系统科学总结了人类几千年的实践经验,经过古代中国、古代希腊哲学的概括,以及马克思主义哲学的提炼,到 20 世纪 40 年代,由现代数学、运筹学、控制论、信息论和电子计算机等现代科学技术加以定量化,又经复杂性科学研究的提升,特别是由以钱学森为旗手的中国学派对系统科学体系加以系统化,将其提高到了开放的复杂巨系统的最高等级。今天,系统科学将迎来一次新的科学革命。

系统学是系统科学的基础理论,是关于一切系统的一般性理论,它从全部系统科学的研究成果中抽象出基本原理,使之具有更高的概括性和预见性,是系统科学认识上的一种新的飞跃。

按照钱学森的界定(许国志于 2001 年 8 月 21 日转述),系统学是研究系统结构与功能(系统的演化、协同与控制)一般规律的科学。系统学研究巨系统的稳定(或功能态)的调节和转移。

从系统科学发展的历史可以看到,从经验到哲学再到科学,从科学的整体论到科学的形而上学的还原论再到科学的整体论,从定性到定量,从简单性到复杂性,从简单系统的定性和定量到高度复杂系统的定性和定量——系统科学经历了一条曲折的发展道路。因此,对于系统学这门基础理论的概括和总结,也必须着眼于这条漫长的历史发展道路的全程,而不可囿于一得之见或一时之理,所谓只见树木不见森林,那是不能得到高度概括的基础理论的。

系统科学的研究方向,向来是注重系统要素之间的相互联系、相互作用和系统整体,注重系统的有序性、结构稳定性和新功能的涌现,注重自下而上的综合过程,注重系统发展的预测。因为这些特性,正是人类认识和改造客观世界中所刻意追求的。

在古代,人类对客观世界的认识还较模糊、不深刻;经过近代科学还原论的深入分析之后,人们的认识深刻入微,深入到了世界的本原;但又反过来深感对客观世界的系统性和整体性缺乏认识,要求还原论同整体论相结合,从而产生了还原论与整体论辩证统一的系统论方法。这也就是说,现代系统科学是在还原论的深刻认识基础上的科学的整体论;是在分析基础上的综合;是在从定性到定量的分析基础上达到从定性到定量的综合;在此基础上拟定目标,又进行定性的目标分解,在分解的基础上进行定量的优化控制。

现代系统科学研究的核心,在于找到系统综合的方法论和具体的方法。现代系统科学的各种理论和学派,研究了物理系统、化学系统、生物系统、生命系统、生态系统以至经济系统和社会系统等的分析和综合方法,但在系统的复杂性问题上陷入了某种程度的困惑。钱学森提出了开放的复杂巨系统的新概念及其方法论,但他指出,现在还没有形成一般的普遍适用的具体方法,需要从一个一个的对开放的复杂巨系统的处理实践中去逐步探索和积累。本书主要基于对社会系统这种开放的特殊复杂巨系统的研究和处理中,寻求具体的系统综合方法,例如基于行为科学的“利益博弈推演法”(IGIM)、“机会-目标发展估计法”(CGDEM)、“宏观调控法”(MSRCM)、“适应机遇挑战的优化准备理论”(OPTACC)等,并总结出处理社会系统的分析、综合、规划和优化控制的一般性方法步骤。尽管这还只是初步的探讨,但是我们已经可以从中看出处理开放的复杂巨系统的方法论和方法的大致轮廓。

对于处理开放的复杂巨系统,人们在量化的具体方法和可操作性上陷入了某种程度的困惑。系统如此复杂,如何构建数学模型,并充分利用电子计算机的运算功能?其实,钱学森曾经指出,数学方面的困难,往往在人们妥善的设想框架下,就有可能得到缓解。本书中的设想,是在目标体系的分解框架下,并运用模糊数学等现代数学方法和人一机互动策略,使构建数学

模型的可能性得以提高。

钱学森指出:处理复杂行为系统的定量方法学,是半经验半理论的,提出经验性假设(猜想和判断)是建立复杂行为系统数学模型的出发点。他特别指出,当人们寻求用定量方法处理复杂行为系统时,容易注重数学模型的逻辑处理,这样的数学模型看起来“理论性”很强,其实不免牵强附会、脱离实际。与其如此,倒不如从建模一开始就老老实实承认理论的不足,而求援于经验判断,让定性的方法与定量的方法结合起来,最后定量。

另一方面,钱学森也曾指出,为应对开放的复杂巨系统的应用需求,包括现代数学、运筹学、博弈论等学科现有的水平,都还有待于进一步提高,因为它们处理的问题或方法相对来说还是比较简单的。

本书在整理钱学森“大成智慧”学说的基础上,结合社会系统工程问题试图深入探讨其方法,并对其基础理论——系统学框架的建立进行初步的探索;但在钱学森提出的创建系统学的宏伟目标面前,本书只可算是沧海一粟而已。在当今伟大的时代,在钱学森的光辉思想和智慧的激发下,这方面涌现出盛开的花海是指日可期的。

目 录

第 1 章 系统的基本概念和系统工程	(1)
1.1 系统概念	(1)
1.2 系统工程	(4)
第 2 章 系统的分类及其复杂性	(7)
2.1 系统的分类	(7)
2.2 开放的复杂巨系统	(8)
2.3 系统的复杂性	(10)
第 3 章 系统的结构及其层次,混沌与有序	(12)
3.1 系统的结构和层次	(12)
3.2 决定性与非决定性	(14)
3.3 现代混沌理论	(15)
3.4 奇异吸引子	(18)
第 4 章 系统发展的规律性	(21)
4.1 系统发展的基本规律	(21)
4.2 耗散结构理论的启示	(22)
4.3 协同学的启示	(23)
4.4 复杂适应系统理论的启示	(25)
4.5 超循环理论的启示	(27)
4.6 混沌与有序的辩证关系	(30)
4.7 分形几何学的启示	(32)
4.8 突变论的启示	(34)
4.9 遗传算法的启示	(37)
4.10 开放的复杂巨系统理论的启示	(39)
4.11 小结	(39)
第 5 章 运筹学对系统学的贡献	(42)

5.1	概述	(42)
5.2	运筹学方法概论	(45)
5.3	运筹学的新发展	(52)
第6章	微分动力体系与非线性动力学对系统学的贡献	
	贡献	(54)
6.1	微分动力体系对系统学的贡献	(54)
6.2	非线性动力学对系统学的贡献	(55)
第7章	信息论与信息革命对系统学的贡献	(58)
7.1	信息论	(58)
7.2	信息革命对系统学的贡献	(60)
7.3	信息论的新发展	(61)
第8章	系统的能控性与能观测性	(63)
8.1	近、现代历次技术革命中系统控制的应用	(63)
8.2	社会系统的能控性	(66)
8.3	系统能控性的基本规律	(70)
8.4	社会系统的能控性与能观测性理论	(70)
第9章	控制论对系统学的贡献	(74)
9.1	引论	(74)
9.2	系统控制与控制系统	(75)
9.3	系统控制的基本方法	(77)
9.4	复杂系统的控制与决策	(80)
9.5	社会控制论	(82)
第10章	系统发展的预测	(85)
10.1	各种预测方法简介	(85)
10.2	复杂系统的预测	(88)
10.3	从系统的过去和现在向未来过渡的理论	(93)
第11章	系统的目的性、有序性与结构稳定性	(95)
11.1	现代系统科学对系统有序性的研究	(95)
11.2	社会系统从微观到宏观的过渡理论	(99)
第12章	系统结构与功能态的转变	(111)

12.1	引论	(111)
12.2	我国改革开放前后社会结构与功能态的 转变	(112)
12.3	数学模型的构建	(114)
12.4	社会系统功能态转变动力机制的优化	(115)
12.5	社会系统的优化控制	(117)
第 13 章	开放的复杂巨系统发展中混沌与有序的辩证 关系	(121)
13.1	引论	(121)
13.2	社会系统中混沌与有序的辩证关系	(121)
13.3	社会系统发展速度与保持稳定有序 的关系	(122)
13.4	坚决贯彻实行科学发展观	(123)
第 14 章	处理开放的复杂巨系统的方法论	(125)
14.1	大成智慧工程	(125)
14.2	处理开放的复杂巨系统的“大成智慧工程” 方法	(129)
14.3	基于系统论(还原论与整体论的辩证统一) 分析与综合的系统工程科学方法	(131)
14.4	从定性设想到科学推理	(133)
第 15 章	社会系统工程方法刍论	(136)
15.1	引言	(136)
15.2	钱学森论社会系统工程	(136)
15.3	社会系统工程方法的基本性质和特点	(138)
15.4	社会系统定量化分析的基础——综合评价 指数(标)体系及其数学与运筹学	(140)
15.5	社会系统工程引论	(142)
15.6	社会系统工程的基本框架	(144)
15.7	中国特色社会主义社会系统发展建模 初探	(145)

15.8	宏观经济调控	(154)
15.9	社会主义经济的综合计算模型	(156)
15.10	社会系统的平衡、协调与可持续发展	(158)
15.11	社会系统的革新和改进	(160)
15.12	社会系统发展的动力机制和调控手段	(161)
15.13	问题导向的分析方法——根据轻重缓急和 主要矛盾建立优化关系场	(162)
15.14	结语	(163)
第 16 章	系统学的科学新篇章	(167)
16.1	社会系统的科学发展	(167)
16.2	开放的复杂巨系统的处理方法	(174)
16.3	一次新的科学革命	(176)
后记		(178)

第 1 章 系统的基本概念和系统工程

1.1 系统概念^[1]

系统概念来源于古代人类的实践经验。人类自有生产活动以来,无不在同自然系统打交道。《管子·地员》篇、《诗经》农事诗《七月》、秦汉氾胜之著《氾胜之书》等古籍,对农作与种子、地形、土壤、水分、肥料、季节、气候诸因素的关系,都有辩证的叙述。齐国名医扁鹊主张按病人气色、声音、形貌综合辩证,用砭法、针灸、汤液、按摩、熨帖多种疗法治病;周秦至西汉初年古代医学总集的《黄帝内经》,强调人体各器官的有机联系、生理现象和心理现象的联系、身体健康与自然环境的联系。战国时期秦国李冰设计修造了伟大的都江堰,包括“鱼嘴”岷江分水工程、“飞沙堰”分洪排沙工程、“宝瓶口”引水工程三大主体工程 and 120 个附属渠堰工程,工程之间的联系关系处理得恰到好处,形成一个协调运转的工程总体。我国古天文学很早就揭示了天体运行与季节变化的联系,编制出历法和指导农事活动的二十四节气。所有这些古代农事、工程、医药、天文知识和成就,都在不同程度上反映了朴素的系统概念的自发应用。人类在知道系统思想、系统工程之前,就已在进行辩证的系统思维了。这正如恩格斯所说,“人们远在知道什么是辩证法以前,就已经辩证地思维了。”^[2]

朴素的系统概念,不仅表现在古代人类的实践中,而且在古中国和古希腊的哲学思想中得到了反映。古中国和古希腊唯物主义思想家都从承认统一的物质本原出发,把自然界当作一个统一体。古希腊辩证法奠基人之一的赫拉克利特(约公元前 460—前 370 年),在《论自然界》一书中说过:“世界是包括一切的整体。”古希腊唯物主义者德谟克利特(约公元前 540—前 480

年)的一本没有留传下来的著作名为《宇宙大系统》。公元前6世纪至公元前5世纪之间,我国春秋末期思想家老子强调自然界的统一性^[3]。南宋陈亮(公元1143—1194年)的理一分殊思想,称理一为天地万物的理的整体,分殊是这个整体中每一事物的功能,试图从整体角度说明部分与整体的关系^[4]。用自发的系统概念考察自然现象,这是古代中国和希腊唯物主义哲学思想的一个特征。古代辩证唯物的哲学思想包含了系统思想的萌芽。

古代朴素唯物主义哲学思想虽然强调对自然界整体性、统一性的认识,却缺乏对这一整体各个细节的认识能力,因而对整体性和统一性的认识也是不完全的。恩格斯在《自然辩证法》中指出:“在希腊人那里——正因为他们还没有进步到对自然界的解剖、分析——自然就还被当做一个整体而从总的方面来观察。自然现象的总联系还没有在细节方面得到证明,这种联系对希腊人来说说是直接的直观的结果。这里就存在着希腊哲学的缺陷,由于这些缺陷,它在以后就必须屈服于另一种观点。”^[5]对自然界这个统一体各个细节的认识,这是近代自然科学的任务。

15世纪下半叶,近代科学开始兴起,力学、天文学、物理学、化学、生物学等科目逐渐从混为一体的哲学中分离出来,获得日益迅速的发展。近代自然科学发展了研究自然界的独特的分析方法,包括实验、解剖和观察,把自然界的细节从总的自然联系中抽象出来,分门别类地加以研究。这种考察自然界的方法移植到哲学中,就成为形而上学的思维。形而上学的出现是有历史根据的,是时代的需要,因为在深入的、细节的考察方面它相比古代哲学而言是一个进步。但是,形而上学撇开总体的联系来考察事物和过程,因而它就“以这些障碍堵塞了自己从了解部分到了解整体,到洞察普遍联系的道路”^[6]。

18世纪上半叶,自然科学已取得了伟大的成就。特别是能量转化、细胞和进化论的发现,使人类对自然过程的相互联系的认识有了很大提高。恩格斯说:“由于这三大发现和自然科学的