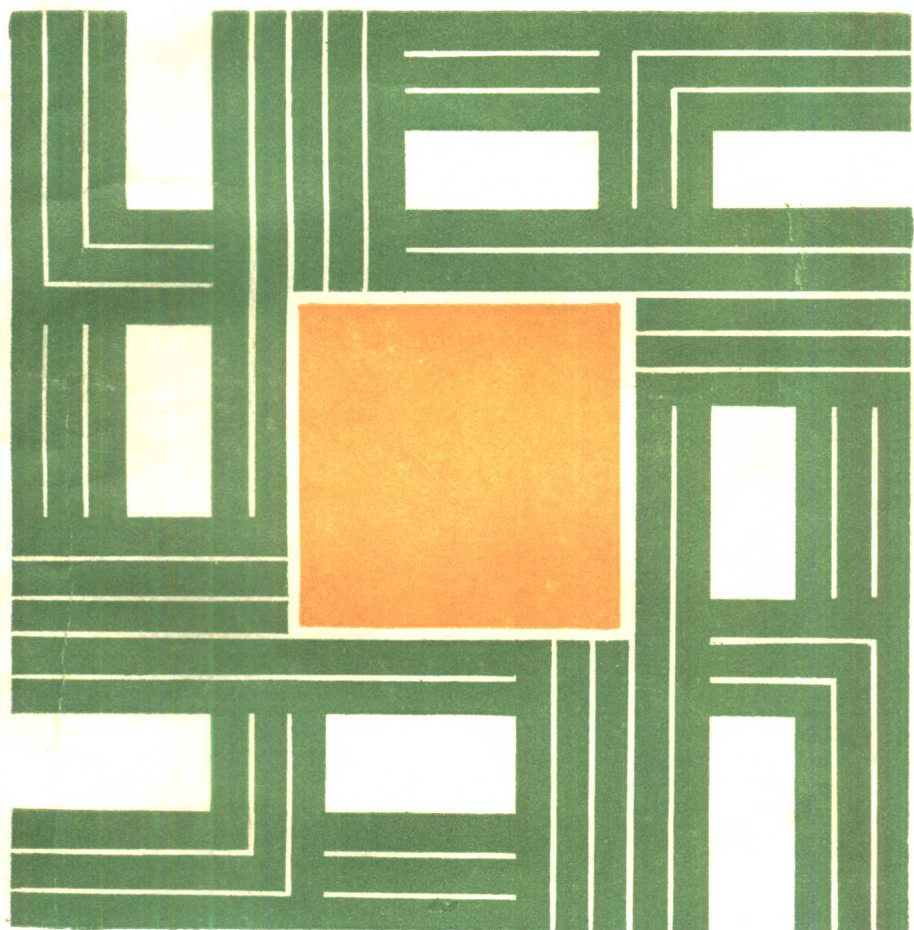


系统科学入门

邵光远 张纪川 撰稿

中央人民广播电台《科技与社会》节目组编



知识出版社

系统科学入门

邵光远 张纪川 撰稿

中央人民广播电台《科技与社会》节目组编

知 识 出 版 社

系统科学入门

邵光远 张纪川 撰稿

中央人民广播电台《科技与社会》节目组编

知识出版社出版发行

《北京阜成门北大街17号》

新华书店总店北京发行所经销 固安光辉印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张8.25 字数165千字

1990年4月第1版 1990年4月第1次印刷

ISBN 7-5015-0399-0/C·19

定价：3.00 元

内 容 简 介

系统科学是从系统的思想出发，对事物进行系统研究和处理的一系列学科所组成的科学总体系，是一个科学大家族。它的研究范围很广，几乎涉及到现代科学技术的所有领域。本书用人们司空见惯的事例和熟悉的历史典故，深入浅出地向读者展示了这门内容极其丰富而又用途广泛的科学。阅读本书，可以帮助您解释现实生活中许多有趣的现象。如“三个和尚为什么没水吃？”“您为何不能两次踏入同一条河流？”“魔方之魔在哪里？”等，均可从中找到答案。

本书通俗易懂，生动活泼，既有理论，又有实用价值，适合所有渴望跨入科学殿堂的人阅读。

序

系统科学是以系统为研究和应用对象的一个科学技术部门。它的形成和发展历史远不如自然科学、社会科学、数学科学等那样悠久，只是近二、三十年来，从具体应用的系统工程开始，逐步发展成为一门新兴的现代科学技术部门，而且取得了巨大进展。我国著名科学家钱学森为建立和发展系统科学作出了重大贡献。他从应用系统思想、观点和系统方法去研究客观世界的角度出发，在总结、概括已有系统研究成果的基础上，于七十年代末，首先提出了系统科学和系统科学部门内的层次结构。这个结构是由三个层次、多种学科与技术所构成，具体来说就是：

1. 直接用于改造客观世界而处在工程技术层次上的是系统工程。系统工程是组织管理系统的技术。由于系统存在的普遍性，也就注定了这门技术应用的普遍性和广泛性，是对一切系统都适用的技术。各种系统不同，就有各种不同的系统工程。例如，工程系统工程是指工程系统的组织管理技术，经济系统工程是指经济系统的组织管理技术，社会系统工程是指社会系统的组织管理技术，等等。应用系统的组织管理技术，使系统具有我们所希望的功能，这就是系统工程应用的目的。

2. 直接为系统工程提供理论基础而处在技术科学层次上

的有控制论(如工程控制论、生物控制论、经济控制论、社会控制论等)、运筹学和信息论等。

3. 揭示系统普遍性质和一般规律而处在基础科学层次上的是系统学。系统学是研究系统结构与功能(包括演化、协同和控制)一般规律的科学。这是一门正在建立的新学科。也是钱学森首先提出的。

系统科学通向哲学的桥梁是系统论或叫系统观,它属于哲学范畴。

系统科学作为一个科学技术部门,不管在哪个层次上,哪一门学科,都是以系统为研究和应用对象的。虽然其中有的学科如控制论、运筹学、信息论等都有较长的历史,但就整个体系而言是新的,是正在迅速发展中的一个科学技术部门。

1978年,钱学森等发表了“组织管理的技术——系统工程”一文。从那以后的短短十年内,系统科学在我国得到了迅速发展。今天,不仅系统工程及其有关理论有了很大进展,取得了许多重大成果,而且对促进科技进步、经济和社会发展都发挥了重要作用。系统工程在国家各部门各单位,从微观到宏观的组织管理、领导和决策、规划和计划、预测和可行性研究等都得到了广泛应用,并且日益显示出其巨大潜力,因而也越来越引起各级领导、决策部门、学术界以及各行各业人们的广泛注意和高度重视。

在系统科学理论方面,最近钱学森又提出开放的复杂巨系统及其研究方法论。所谓开放的复杂巨系统,如生物体系统、人体系统、人脑系统、地理系统(包括生态环境系统)、社会系统以及星系系统等,这些系统无论在结构、功能、行为和演化方面都很复杂。对这类系统,目前还没有形成从微观到

宏观的理论,也没有从子系统相互作用出发,构筑出来的统计力学理论。但是,如何研究这类系统,现在已有了一个行之有效的研究方法,这就是钱学森提出的定性定量相结合的综合集成方法。这个方法的有效性,已被实践所证明。开放的复杂巨系统及其理论研究,是系统学的重大课题之一。系统学的建立和发展不仅对系统科学本身具有重要意义,而且必将影响和促进其他科学的发展。

《系统科学入门》这本书中,汇集了49个专题,这些专题涉及到了系统科学的三个层次和几乎所有的学科。它们的特点是:以通俗的语言,生动活泼的实例,深入浅出地向广大读者介绍了系统科学知识。从这些介绍中可以看到,系统科学研究的内容就在我们的身边,甚至就在我们的自身——人体就是一个复杂巨系统。对系统科学尚还陌生的读者,定会从本书中受益匪浅,即使对从事系统科学研究的工作者,也会从中受到启发。

我们要感谢本书的撰稿者邵光远、张纪川,中央人民广播电台《科技与社会》节目组和知识出版社为普及系统科学知识所付出的辛勤劳动。

中国系统工程学会常务理事、副秘书长 于景元

1989年11月

前 言

近些年来，系统科学这个词已越来越多地为人所熟悉。特别是在我国学术界，系统科学已经成为人们争先恐后研究的热门学问。但是，目前我国对系统科学的研究和应用，还仅仅局限在知识界和科技界的范围内，系统科学知识还远远没有获得广泛的传播和普及，而系统科学的理论和方法对我们搞好四化建设又是十分有用的。

有人说系统科学太深奥、太枯燥了。其实，这是一种误解。我们可以举出很多例子，证明系统科学是一门十分有趣的科学。比如，学过初等数学的人都知道整体等于各部分之和的道理：两个苹果加上三个苹果等于五个苹果。但是，您知道吗？自然界和人类社会中还存在着另一个道理，这就是整体不等于它的各个孤立部分之和。中国有句谚语叫作“三个臭皮匠，顶个诸葛亮”。还有句谚语是“一个和尚挑水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃”。这些谚语说的就是“整体不等于它的各个孤立部分之和”的道理。那么，这里边有什么奥妙之处呢？系统科学就研究和回答了这个问题。

学过物理学的人都知道，一个物体从甲地运动到乙地，还可以再从乙地回到甲地。就是说，物体在运动方向上是有去有回的，或者说是可逆的。可是，在自然界和人类社会中还存在着另外一些现象。比如，一棵树由种子发芽到长出根、茎、

枝、叶，却再也不能变成原来的那粒种子了。一个人由婴儿经过少年、青年、中年，走向老年，也不能再倒过来由老年变成婴儿了。同样，人类社会由原始社会发展到今天，也不会再倒退到原始社会去了。可见，有些事物在运动方向和时间上是有来无回的，或者说是不可逆的。这又是为什么呢？系统科学对这个有趣的问题也作了研究，并给出了令人信服的回答。

再比如，按照传统的看法，人们往往相信，只要机器零部件的性能好，就能造出好的机器来。但事实并不完全是这样。有时候，机器零部件的性能好，并不一定就能装配出性能好的机器来。相反，人们却可以利用性能一般的零部件装配出性能优异的设备来。大家知道，本世纪六十年代末，七十年代初，美国实施了阿波罗登月计划，把载人飞船送上了月球。他们所用的宇宙飞船，包括运载火箭在内总共700多万个零件，没有一个是新研制的。可以说，这些零件本身的性能都是很一般的，人们用这些一般的零件，却造出了能把人送上月球的性能优异的机器来。那么，为什么性能好的零部件不一定能造出好机器，而性能一般的零部件却可以造出性能优异的机器来呢？系统科学对这个有趣的问题也进行了深入的探讨，并提出了一套完整的科学理论和方法。

读了上面这几个例子，您是不是觉得系统科学并不是那么枯燥难懂，而是一门很有趣的学问呢？当然了，作为一门科学，系统科学确实有它的深奥之处。它有其深刻的内涵，里面还包含有一些生僻的名词术语和数学公式、数学模型等。不过，我们这本书可以帮助您扫除这些拦路虎，引导您学习和掌握系统科学的基本知识。

系统科学不仅十分有趣，而且还是一门很有实用价值的

科学。它可以向人们提供各种崭新的科学观点、方法和技术，如系统方法、系统工程、控制论方法、信息论方法、耗散结构理论和协同学原理等等。这些理论和方法目前已经成为人们认识世界和改造世界的强有力的工具。可以说，在现代社会中，无论做什么工作都离不开系统科学的理论、方法和技术。

系统科学方法与传统科学方法的显著区别在于，系统科学方法强调从整体上，从事物之间的联系上去把握、认识事物；而传统科学方法则注重具体的分析和解剖。比如，物理学和化学把物质分解为分子、原子和基本粒子来研究，生物学把生物体分解为肌肉、骨骼、神经、器官、组织和细胞等来研究。这样做，虽然可以认识事物的具体性质和结构，但由于它把事物的整体化整为零，割断了事物各部分之间的相互联系和作用，因此，也就容易使事物失去整体的性质和作用。比如，我们的手可以从事各种活动，但是如果把手从人体上割下来，它就失去原来的性质和作用了。传统科学方法不仅有局限性，而且，它在有些事物面前，还显得无能为力。比如，研究人的精神现象，研究人脑的思维过程和机理，就不能把人脑割下来研究。采用系统科学方法，就能够解决这一难题。近年来，国际上在脑科学方面取得的一系列成果，都是运用系统科学方法来实现的。比如，美国波士顿儿童医院与哈佛大学的科学家们合作，运用系统科学方法研究出一种大脑功能图像显示仪，使人们能够清楚地看到自己的大脑在进行工作时的情景。

系统科学不仅可以向我们提供各种各样的方法和技术，而且可以向我们提供最先进、最科学的思维方式。我们知道，传统思维方式的思路是从部分看整体，从静态看动态，只适用于认识比较简单的事物。而系统科学的思维方式则可以帮助

我们从全局和整体出发,从各个角度、各个侧面、各个层次,全面地、历史地、运动发展地看问题,既能够从质的多样性上,也能够从量的精确度上把握事物。因此,系统科学对于我们更新观念,开拓思路,探索新事物具有重要意义。

另外,系统科学里还包含着十分丰富的哲学思想。有人认为它把马克思主义哲学中的某些原理具体化了。例如,唯物辩证法认为事物是普遍联系和相互作用的,而系统科学就揭示了事物之间的各种联系和相互作用;唯物辩证法要求我们要全面地看问题,系统科学则要求我们要从整体与部分、结构与功能的相互联系和相互作用上看问题;唯物辩证法揭示了事物的质量互变规律,系统科学则进一步探讨了质变的各种具体形式和规律。因此,系统科学又为我们丰富和发展马克思主义哲学提供了极为丰富的营养和素材。

从上面的介绍中可以看出,系统科学的确是一门有趣而又有用的新学问。为此,我们在中央人民广播电台系列广播专题“系统科学漫谈”的基础上编辑了《系统科学入门》一书,以帮助大家学好和掌握这门科学。

中央人民广播电台《科技与社会》节目组

1989年11月

目 录

一座台阶式的现代科学大厦	
——什么叫系统科学·····	(1)
从糖葫芦和羊肉串谈起	
——系统科学的基本特征·····	(6)
从一则古代笑话谈起	
——什么叫系统·····	(11)
从系统观念到系统科学	
——人类系统思想的演变·····	(16)
三个和尚为什么没水吃	
——系统的整体性·····	(21)
三叶草、土蜂、田鼠和猫	
——系统的相关性·····	(26)
从神秘的“九”字说起	
——系统的层次性·····	(30)
魔方之魔在哪里	
——系统的结构性·····	(35)
您能两次踏进同一条河流吗	
——系统的动态性·····	(40)

孙武是怎样练兵布阵的	
——系统的有序性·····	(45)
一个长期争论不休的问题	
——系统的目的性·····	(50)
不怕碎尸万段的动物	
——开放系统的基本特征·····	(56)
长了“眼睛”的炮弹	
——反馈自调节系统·····	(61)
伤口为什么会愈合	
——自组织系统·····	(66)
向揭开生命的奥秘进军	
——耗散结构理论的产生·····	(71)
山猫与野兔的有趣关系	
——协同学原理·····	(76)
一个让哲学家头痛的问题	
——突变理论·····	(81)
从CT诊断和立体透视谈起	
——系统方法·····	(87)
科学的决策方法	
——系统分析·····	(92)
一门设计新系统的学问	
——系统综合方法·····	(97)
从都江堰水利工程谈起	
——系统工程·····	(102)

妙计无穷的科学锦囊	
——运筹学·····	(107)
帮您规划事情的学问	
——规划论·····	(112)
拿主意作决定的科学	
——决策论·····	(117)
田忌赛马取胜的诀窍	
——对策论·····	(122)
一门管理公共服务系统的学问	
——排队论·····	(127)
一门寻找东西的学问	
——搜索论·····	(132)
一门控制最佳库存量的学问	
——库存论·····	(137)
一门新的管理技术	
——统筹法·····	(142)
一门快速寻找最佳方案的技术	
——优选法·····	(147)
从感觉剥夺实验谈起	
——系统与信息·····	(152)
神通广大的“信息”	
——信息及其功能·····	(156)
从口头对话到光纤通信	
——人类传递信息的历史·····	(161)

信息觅踪

- 信息是怎样传递的…………… (166)

从通信理论到信息科学

- 信息论的诞生和发展…………… (171)

从战国时的一个故事说起

- 信息的度量…………… (176)

字迹与爱情

- 通信的可靠性…………… (181)

交通运输法则的妙用

- 提高信息传递效率…………… (186)

陈平谋划妙计的奥秘

- 信息方法…………… (190)

骑自行车的启示

- 什么叫控制…………… (195)

机器与动物有相似性吗

- 控制论的创立…………… (200)

笼头的妙用

- 控制系统…………… (205)

驾驭事物的艺术

- 基本的控制方法…………… (210)

扩大控制能力的法宝

- 反馈方法…………… (215)

选瓜四法与中医四诊

- 黑箱方法…………… (219)

在明白与糊涂之间

——灰箱方法和灰色系统理论..... (224)

反思和再认识的现代技术

——白箱方法..... (229)

怎样让机器也能思维

——功能模拟方法..... (234)

十字路口上的科学试验

——大系统控制方法..... (239)

一座台阶式的现代科学大厦

——什么叫系统科学

在前言中，我们给大家介绍了系统科学的基本特征和用处。也许您对系统科学有了一个大概的了解。在这一篇中，让我们一起来探讨一下什么叫系统科学，它包括哪些研究内容。

所谓系统科学，概括地说，就是以系统为研究对象的学问。它是从系统的思想出发，对事物进行系统研究和处理的一系列学科所组成的科学总体系，是一个科学大家族。它的研究范围很广，几乎涉及到现代科学技术的所有领域。我国著名科学家钱学森曾经打过一个形象的比喻，他说系统科学就象一座正在兴建中的现代科学技术大厦。这座大厦是由四个台阶组成的，这就是工程技术、技术科学、基础理论科学和哲学理论。

系统科学体系的第一个台阶是由一系列有关系统的工程技术组成的，属于应用科学的范畴。它包括各种系统工程、自动化技术和通信技术。这些都是关于各种人工系统的具体结构和功能的学问。

所谓系统工程，是指从系统的观点出发，运用各种知识和方法，对大型复杂系统的规划、研究、设计、制造和使用等进行组织管理，统筹安排，并且在客观条件允许的范围内选出最佳