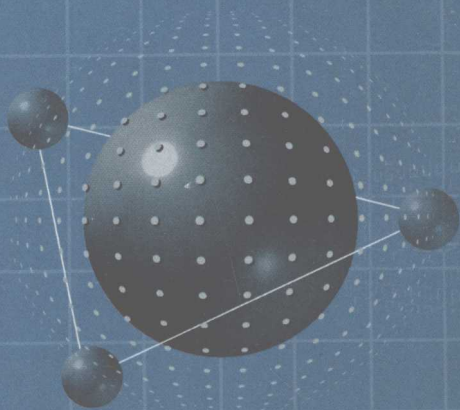




XITONGKEXUEGAILUN 系统科学概论

主 编 吴义生



中共中央党校出版社

N94
W906.1

系统科学概论

主 编 吴义生

中共中央党校出版社

责任编辑 刘扬名

唐和祥

封面设计 田杰华

版式设计 尹植

图书在版编目 (CIP) 数据

系统科学概论/吴义生主编;钱俊生等编. -北京:中共中央党校出版社,1996.10

ISBN 7-5035-1502-3

I. 系… II. ①吴…②钱… III. 系统科学—概论 IV. N

94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 19591 号

中共中央党校出版社出版发行

(北京市海淀区大有庄 100 号)

河北下花园光华印刷有限责任公司印刷 新华书店经销

1998 年 9 月第 2 版 2006 年 5 月第 6 次印刷

开本: 850 × 1168 毫米 1/32 印张: 8.75

字数: 189 千字 定价: 11.70 元

属印刷质量问题印厂负责调换

说 明

系统科学是 20 世纪形成的一个新兴科学技术部门。它是从系统的整体性、系统的结构和功能的角度去研究客观世界，探求客观世界中系统、信息、控制间的联系及其性质和规律性，由此而建立的新的科学技术部门。在这个部门中，包含了基础理论、技术科学、工程技术三个层次。它既可以通过抽象、概括，向上与哲学相联结，丰富和发展人类的理论宝库；又能够具体展开，转变为新兴技术、科学方法和管理方法，应用于实践，发挥改造世界的巨大作用。在人类跨入 21 世纪的今天，世界科学技术飞速发展，数字化、网络化的信息技术正在促进知识经济的高涨，社会瞬息万变，全球化的趋势日益增强，处处都体现出系统科学的重要性。在这种形势下，我们广大干部从事建设有中国特色社会主义的事业，担当社会主义现代化建设的组织、领导、决策和管理的重任，一定要有广博的科学知识，丰富的实践经验，现代化的思想方法、工作方法、管理方法和新的思维方式，这就有必要掌握系统科学的知识、理论和方法，以完善知识结构，提高思想水平，提高工作效率，提高管理和领导水平。为此，我们请有关专家为函授学员编写了《系统科学概论》这本教材。

这本教材，着重介绍了以下方面的内容：

一、系统科学的性质、特点、研究对象、体系结构，以及它的发展历史和学习系统科学的重要意义（第一、二、三章）。

二、系统学（即系统科学的基础理论）研究取得的一些新成果（第四章）。

三、系统的一般原理，不同类型系统的理论及其方法（第五、

六、七、八、九章)。

四、信息的知识、理论和方法 (第十章)。

五、控制的知识、理论、技术和方法 (第十一章)。

六、系统科学的数学基础 (第十二章)。

七、系统工程的定义、特点、发展史、研究对象,以及它的分类和实施系统工程的程序、步骤和思维工作方法 (第十三章)。

八、系统科学在管理领域的应用 (第十四章)。

这本教材曾于1989年编写出试用本,由中央党校原自然辩证法和科技教研室主任吴义生教授主编,参加编写的有中央党校的部分教师和在中中央党校自然辩证法师资班学习的许多学员。1991年,又吸收了试用过程中提出的意见和建议,由中央党校教师重新改写,并于1996年10月正式出版,几经重印。到2000年,鉴于科学技术的飞速发展,在征求有关专家、教师和学员意见的基础上,又由吴义生主编对全书体系和各章内容作了较大调整和修改,力图更贴近学员的需要。

本书各章的分工是:吴义生(第一、二、三章,第四章第一、二、五节,第五、六、七、八、九、十一、十三章);钱俊生(第十、十四章);李建华(第四章第四节);傅立(第四章第三节);赵明芳(第十二章)。

编写这本教材,得到著名科学家钱学森同志的支持和有关专家的帮助,引用了许多学者的研究成果和材料,在此一并致谢。

由于系统科学正在向前发展,教材仍然会存在一些缺点,敬请读者批评指正。

中共中央党校出版社

中共中央党校函授学院

2000年4月

目 录

第一章 系统科学概说	1
第一节 系统科学的性质和特点	1
第二节 系统科学的研究对象	4
第三节 研究和学习系统科学的重要意义	8
第二章 系统科学发展史	14
第一节 系统、控制、信息思想的萌芽和发展	14
第二节 从科学的角度研究系统、控制、信息	17
第三节 系统科学的形成	21
第三章 系统科学的体系结构	27
第一节 系统科学在现代科学技术体系中的地位	27
第二节 工程技术层次	31
第三节 技术科学层次	37
第四节 系统学	40
第五节 系统观	40
第四章 系统学研究的新成果	46
第一节 一般系统论	46
第二节 耗散结构理论	52
第三节 协同学	52
第四节 超循环理论	60
第五节 一般进化论	64

第五章 系统的一般原理	67
第一节 系统概念	67
第二节 系统的一般特性	70
第三节 整体与部分	76
第四节 结构与功能	78
第五节 系统与环境	82
第六节 系统的演化	84
第七节 系统分类	86
第八节 系统方法	91
第六章 耗散结构系统	95
第一节 耗散结构理论的实际意义	95
第二节 耗散结构	97
第三节 耗散结构的形成条件	100
第四节 耗散结构理论的基本概念	101
第五节 耗散结构理论的哲学问题	105
第六节 耗散结构理论的实际应用	110
第七章 自组织系统与他组织系统	114
第一节 自组织与他组织	114
第二节 自组织的分类	118
第三节 自组织形式	119
第四节 判断自组织的依据	123
第五节 自组织原理	125
第六节 他组织原理	131
第八章 线性与非线性、随机、混沌	135
第一节 线性系统理论	135

第二节	非线性系统理论	138
第三节	随机系统理论	142
第四节	混沌系统理论	146
第九章	灰色系统理论	150
第一节	灰色概念	150
第二节	灰关联分析	154
第三节	灰建模	156
第四节	灰预测	157
第五节	灰决策	159
第六节	灰控制	161
第十章	信息理论	163
第一节	信息	163
第二节	信息论	169
第三节	信息科学	172
第四节	信息方法	174
第十一章	控制理论	178
第一节	经典控制论	178
第二节	现代控制论	180
第三节	控制概念	184
第四节	控制方式	188
第五节	控制系统	192
第六节	控制技术	197
第七节	控制论方法	201
第十二章	系统科学的数学基础	211
第一节	集合论	211

第二节	概率论	214
第三节	模糊数学	217
第四节	突变理论	223
第五节	运筹学	226
第六节	系统科学与电子计算机	231
第十三章	系统工程	235
第一节	系统工程的定义和特点	235
第二节	系统工程发展史	238
第三节	系统工程的对象	240
第四节	系统工程的分类	241
第五节	系统工程的类型	249
第六节	系统工程的程序和步骤	253
第七节	系统工程的思维程序	256
第八节	现代化的思维工作方法	259
第十四章	系统科学与管理	263
第一节	系统计划	263
第二节	系统组织	265
第三节	系统控制	267
第四节	建立管理信息系统	269

第一章 系统科学概述

系统科学是现代科学技术体系中的一个新兴科学部门。它从孕育、产生、形成和发展,经历了漫长的时间历程,如果从系统科学创始人之一贝塔朗菲(Bertalanffy, L·V)提出“一般系统论”概念的1937年算起,也已经有60余年,目前仍然在向前发展。我们学习、研究和应用这门科学技术,首先需要在宏观上了解系统科学的性质、特点、研究对象,以及研究和学习系统科学的重要意义。

第一节 系统科学的性质和特点

相对于科学技术的总体来说,系统科学还是一门年轻的科学,它的内容正在不断充实、丰富和发展。所以,人们对于什么是系统科学,系统科学所具有的性质和特点,常常有不同的理解,并由此作出了不同的回答。总的趋势是,由浅入深,逐渐走向一致。

大体上出现了以下几种看法。

一种理解是,把系统工程看成是系统科学。这是在20世纪60年代存在的一种看法,例如美国的《系统工程》杂志改名为《系统科学》,就表明他们是认为作为技术或技术科学的系统工程,其中也需要或包含相应的基础理论,系统科学实际是系统工程。

另一种理解是,系统科学只研究系统。所以有些学者定义为,系统科学是以系统为研究和应用对象的一个科学技术门类。更确切地说,是以组织化的复杂系统为研究的科学。^①还有人把通常说的大系统理论看成是系统科学,把系统工程看成是系统科学在实

^① 市川淳信:《系统科学》,《世界科学》1981年第10期。

践中的应用。^①

还有一种理解是，系统科学是由以系统为研究对象的基础理论和应用开发系统的学科所组成的学科群。在比较早的时候系统理论的创始人贝塔朗菲就指出，系统科学是由一般系统论和一些专门的系统理论，如物理系统的、生物系统的、心理系统的、社会系统的理论所组成的。贝塔朗菲把一般系统分为狭义和广义两类：在狭义上，一般系统论是从系统成分相互联系的复杂性和整体机制的特点，如从相互联结、总和、机制、集中、竞争、目的等方面对系统进行描述，并对系统诸因素进行分析。在广义上，一般系统论属于基础科学；它与应用科学密切联系，也可以归为一般系统科学；它同现代自动化技术密切联系在一起，但又与系统工程、操作方法等是有严格区别的。在这里，狭义的是理论性的一般系统论；广义的则是应用性的一般系统论。应用性的一般系统论与控制论、信息论、系统工程、运筹学等分支密切联系，与现在讲的系统科学比较相似。^②

我国有些学者认为，系统科学是研究系统的类型、一般性质和运动规律的科学。^③系统科学作为一个完整的科学体系，应该包括系统学、系统方法学和系统工程学。而系统学是系统科学的基础理论，它研究的是一般系统的基本概念、基本性质和基本规律以及系统的分类。其中有系统概念论、系统分类学和系统进化论，分支系统理论，如协同学、微分动力体系理论、超循环理论、一般生命系统理论等。系统方法学研究的是系统科学的基本方法，即所谓的系统方法，其中包括系统方法的基本构成、基本原则和若干方法论学科，系统的方法理论中就包含着信息论、控制论、系

① 胡保生：《关于大系统及其分散化控制》，《自然杂志》1980年第1期。

② Bertalanffy：《General System Theory》，1968，P91。

③ 朴昌根：《论系统科学关系》，《系统工程理论与实践》1985年第1期。

统动力学、模糊系统理论等。系统工程学是系统科学中的实用领域，它由系统方法、运筹学和电子计算机技术组成。其中，系统方法给系统工程学提供思考方式和一些系统方法理论，运筹学提供数学工具，电子计算机提供技术手段，这三者在应用于解决具体系统问题时，就形成了各项系统工程^①。这里，是把系统科学作为一门综合性的科学技术部门。

我国著名科学家、理论家钱学森同志对于现代科学技术的研究内容和体系结构，包括系统科学的体系结构进行深入研究，提出了自己的见解。他认为，系统科学是现代科学技术整体结构中的一个重要科学技术部门，这是一门综合的、横断面的新兴科学技术部门。系统科学从系统的结构和功能这个角度去研究客观世界，包括了系统工程这类工程技术，系统工程的理论方法，如运筹学、控制论、信息论这类技术科学，以及系统的基础理论的系统学等层次的知识 and 理论。这个科学部门包含着许多学科，但并不是杂乱无章地拼凑在一起，而是有机地相结合，具有内在逻辑。针对许多人将控制论、信息论与系统论并列起来的做法，钱学森同志指出，虽然控制论、信息论和系统论都共居于系统科学之中，但并不并列，而是各在其位。把三论并列起来是思想上的混乱，实际上核心问题是系统，不是三论而是一论，就是系统论，控制论和信息论都包括在系统论中^②。这说明，研究系统与信息、控制等方面的联系来揭示系统科学的内在逻辑，可以帮助我们掌握现代系统科学的完整内容。

对于什么是系统科学虽然有上述多种见解，但有一点却是共同的，都承认系统科学是正在兴起和不断发展的科学技术体系中的一个独立的部门，它有自己的特殊性质。

① 朴昌根：《系统科学论》，陕西科学技术出版社，1988年版，第9—10页。

② 钱学森：《开展思维科学的研究》，《大自然探索》1985年第2期第42页；《用系统科学方法使历史科学定量化》，《历史研究》1986年第4期。

系统科学既不同于哲学，不同于数学，也不同于其他种种社会科学、自然科学和技术科学，而具有如下显著的特点。

一般认为：

第一，系统科学是横断科学。它不是研究客观世界中的哪一个局部的领域，某一种物质或某一种运动形式的一些具体规律，而是撇开各种事物、现象、运动形式、发展过程的具体特性，面对整个客观世界，用抽象概括的方法从系统的结构和功能这个角度研究世界，所研究的是自然界、社会、人类思维等领域有关系统、控制、信息这一个共同侧面、共同特性及其共同规律，所以系统科学明显地具有横断科学的性质。

第二，系统科学的综合性。为了弄清系统、控制、信息的本质，揭示它们的相互关系及其规律性，就需要掌握、运用和概括有关生命现象、人类社会、思维过程、机器系统等多方面的知识和理论，采用多门学科的知识和方法，进行全方位探讨，因此系统科学便具有很强的综合性。

第三，系统科学的抽象性。系统科学研究的是客观世界深层的规律，它是在对自然科学、社会科学、思维科学、技术科学等方面成果进行科学抽象的基础上建立的，因此很明显地具有较高的抽象性。系统科学与哲学和数学的联系非常密切，但系统科学的抽象性不及哲学，也有别于数学，却远远强于各种实验科学。

第四，系统科学的数理性。由于系统科学是从整体和联系的观点考察事物，用定性和定量相结合的分析方法解决问题，要大量应用数学，所以在叙述方式上同数学、自然科学很相近。虽然系统科学本身还不是数学的分支，但它的定量、精密和逻辑严密的要求，使之具有很强的数理性。

第二节 系统科学的研究对象

任何科学部门都有自己特定的研究对象，系统科学也不例外。

最早提出“系统科学”这一名称的是贝塔朗菲，他把这门科学定义为“关于‘系统’的科学”。^①此后，日本学者指出，系统科学是以系统为研究对象的科学，更确切地说是以组织化的复杂系统为研究对象的科学。^②而欧美学者 G·J·克勒进一步揭示了系统科学的本质特征，主张系统科学“指向的是关于系统的具有普遍意义的现象”，“处理的系统问题”^③。

我国著名科学家钱学森提出：以前对于科学部门的划分，习惯于认为每个部门就是研究客观世界的某个部分，如自然科学研究的是自然界，社会科学研究的是社会。这种观点现在看来是不对的。我们将科学分为许多大的部门，并不是说每个部门只是研究客观世界的一个部分，而是认为它们都研究整个世界的，不同之处仅在于观察问题、研究问题的侧面和侧重点不一样。具体而言，自然科学研究的是整个客观世界中物质在时空中运动这个侧面，社会科学是研究整个客观世界中人类社会的运动和发展，其他科学部门也是如此，而“系统科学就是从系统的结构与功能的观点出发去研究整个客观世界”。^④

我国学者苗东升在研究上述种种见解之后，提出了一种看法，主张“系统科学是以系统现象、系统问题为研究对象的学科”，“系统科学只研究具有系统意义的现象或问题”。^⑤

究竟什么是“系统现象”、“系统问题”或“系统意义”呢？其实，所谓系统现象或系统问题，就是具有系统意义的现象或问题。

① 贝塔朗菲：《普通系统论的历史和现状》，载《科学学译文集》，北京，科学出版社，1980年。

② 市川惇信：《系统科学》，《世界科学》1981年第10期。

③ G. J. 克勒：《信息社会中二维的科学的出现》，载《哲学研究》1991（9）。

④ 钱学森：《社会主义现代化建设的科学和系统工程》，中共中央党校出版社1987年12月出版，北京，第128—129页。

⑤ 苗东升：《系统科学精要》，第4页，中国人民大学出版社，1998年，北京。

而“系统意义”，则是指一切呈现系统性的现象或问题，就属于具有系统意义的现象或问题。在现实生活和一切社会活动中，凡着眼处理部分与整体、结构与功能、系统与环境、等级与层次、动态与静态、封闭与开放、有机与关联、有序与无序、合作与竞争、行为与目的、状态与目标，以及差异与统一、信息的创生与利用等等这类的问题，都是有系统意义的问题。所以，严格地说，系统科学就是以研究现实世界中一切事物、现象或问题中的系统为对象的科学部门。

由于在现实世界中，系统总是与控制、信息等问题相联系的，而且关系极为密切，所以有些学者认为系统科学的研究对象是客观世界中的系统、控制、信息，系统科学乃是关于自然界、社会和人类思维领域以及机器系统中系统、控制、信息的原理及其规律性的学问。

实际上，客观世界中的系统、控制、信息都统一地存在于各种事物和现象之中，它们并不相互分割而孤立存在，而是有着内在联系。著名系统科学家钱学森指出：“讲系统，里面当然有信息。一个系统内部就有信息的变换，也有控制的问题。”“在系统里面，你要看到信息传递的侧面，那就有信息问题，你要看到控制的侧面，就有控制的问题。”“整个系统里面的结构是非常重要的，由系统的结构产生的功能，当然也是非常重要的，而功能必然有信息传递，也会有控制的问题。”^①的确，维持系统的稳定，即使是开放系统，也要依靠信息，进行控制。离开控制和信息，是无所谓系统的。信息是系统的一个重要特征，是保持系统内部和系统之间相互联系的重要因素，它能使系统以最经济最合理的方式进行调节和控制。系统工程的主要问题就是怎样获取、传递、加工、处理信息，并据此作出最优决策，实现系统的目的性运动。

① 钱学森：《开展思维科学的研究》，《大自然探索》1985年第2期第42页。

科学技术的进一步发展，特别是通信活动、自动控制和电子计算机的发展，提出了信息的产生、获取、变换、传输、存贮、处理、显示、识别和利用等一系列问题，因此构成了许多复杂的系统，为了进行控制，就必须利用系统和信息方面的知识和理论。在一个控制系统中，反馈作为一种手段，要靠信号来指挥、来调度，只有在信号的调度下，反馈才能发挥相应的作用，使系统达到控制的目的。可见，信号、反馈、控制以及目的与系统是密不可分的。

研究信息也会遇到系统、控制问题。通信往往要以随机事件为对象，通信和控制系统所接收的信息带有某种随机性质，通信的目的在于消除收信人的不确定性。各种消息的共同特征是消除通信中的不确定性，这就要略去各种消息的具体内容而抽出其共同特征，对消息作定量研究。对信息量可以用概率和统计的方法进行计算，同时也要对不同形式的信号用统一的通信理论去设计它们的传输系统，从而解决同一信息可以用不同的信道进行传输，不同信息可以用同一信道传输的问题。而且，可以把不同种类的系统，如技术系统、生物系统和管理系统等，看作是对信息的获取、传递、加工、处理的信息调节控制系统，进行统一的研究。这样，处理信息方面的问题，也必须考虑系统问题，以系统为基础。

由于系统、控制、信息之间存在着内在联系，所以科学家们往往会从不同方面研究同一问题。控制论创始人维纳等人认为控制系统也是一种信息系统，必须用信息的观点研究控制系统，这也是控制论系统的一个特点。正是由于控制论研究的理论需要，维纳也研究了信息问题，他在1948年发表的《控制论》一书中就用相当多的篇幅阐述了信息论问题。美国的一位统计学家费希尔(Fisher)因为需要一个标准来估计实验数据内的信息，便从古典统计理论的角度研究信息的量度问题和信息理论。信息论的奠基人申农则是在1948年发表《通信的数学理论》，论述了信息问题。当时，维纳、费希尔、申农是从三个途径分别提出信息论的，这

种时间上的巧合正好说明控制论、信息论和数学、系统论等学科间的密切联系。而且，维纳对信息论和系统概念也作出贡献，申农也研究过自动机、学习机，控制论大师艾什比也进行过系统论的研究，这都说明控制论、信息论、系统论之间在理论上的逻辑关联。显然，沟通这三部分的联系，建立和发展系统科学，乃是科学发展的必然趋势，也是把握系统科学的研究内容的一个关键环节。

系统科学中的系统论、控制论和信息论，差不多都是在第二次世界大战前后同时产生和发展起来的，开始它们是分开的，看起来是分别研究客观世界中的系统、控制、信息这些不同方面的性质和规律。随着时间向前推移，它们的深入发展，系统论、控制论和信息论等终于相互联系和相互渗透，逐渐融合在一起，共同构成统一的系统科学了，似乎它们研究的是同一对象。其实，系统论、控制论、信息论还是各有侧重点的，只是它们联系密切、交互渗透，难分难解而已。之所以出现这样的发展趋势，其根源在于是客观世界中的系统、控制、信息等本身存在着不可分割的联系。

之所以称为是系统科学，是因为系统、控制、信息这三方面，系统论、控制论、信息论这三种理论，并不是平列的，核心的问题是系统，就是一个系统论，实际上系统论是包含了控制论和信息论的。把这门科学称为系统科学，既体现了系统、控制、信息间的内在联系，又表明它们之间的主次关系，而更重要的意义是有助于我们完整地掌握和应用这门科学。

第三节 研究和学习系统科学的重要意义

系统科学的形成和发展，既为现代科学技术增加了新的部门，而它的推广应用和与社会的紧密结合，又大大促进了人类思维方式的革命，提高了人类的智力水平。因此，研究和学习系统科学，