

系統科學概論

Xi tong Ke xue
Gai lun

11/37

● 赵树智 张富国 何发成 主编

● 吉 林 大 学 出 版 社

系统科学概论

吉林大学出版社

主 编 赵树智 张富国 何发成
副主编 宋淑清 王晓民 于伟佳
范春萍 孙庆霞

系 统 科 学 概 论

赵树智 张富国 何发成 主编

吉林大学出版社出版 吉林大学出版社发行
(长春市解放大路85号) 农安县教育第一印刷厂印刷

开本: 850×1168毫米 1/32	1990年1月第1版
印张: 10.1875	1990年1月第1次印刷
字数: 251千字	印数: 1—3000册

ISBN 7-5601-0420-7/C·6 定价: 3.85元

前 言

系统科学是本世纪40年代以后兴起的一门具有高度综合性的学科群，它的产生和发展直接影响着科学技术的各个部门，使自然科学、技术科学、社会科学以及人类的思维方式发生重大的变化。系统科学已成为人类认识和改造客观世界的有力理论工具，成为当代新思维的重要标志。目前，系统科学的方法论功能已被越来越多的人所认识和重视，国内外许多高等院校都开设了这门课程。为了适应系统科学教学的需要，我们编写了这本书。

系统科学作为一门综合性的科学群，有着极为丰富的内容和众多的分支学科，而且新的分支学科仍在不断地派生出来。本书试图以系统科学的基础理论——系统论、信息论、控制论为核心，着重阐述其基本概念、重要原理和方法，同时对系统科学的历史、新进展和某些哲学问题作了概要介绍。本书可作为深入学习系统科学的入门书。为了便于不大通晓数学的人阅读本书，我们在阐述问题时尽可能不使用数学工具，不作严格的数学论证。对于所涉及到的某些必要的数学知识，我们大都给予了较为通俗的解释或说明。本书是集体编写的，全书由赵树智、何发成、张富国统稿，由赵树智最后修改定稿。

参加本书编写工作的有（按姓氏笔划顺序）：

于伟佳、马汝舟、王娥、王永祥、王晓民、许廉、刘大文、关广庆、孙庆霞、李卓、何发成、张秀清、张富国、陈宣东、杨荣华、肖唤雨、宋淑清、范春萍、钟影、钟宝东、赵永春、赵树智、赵晓明。

本书在写作过程中参阅了国内外有关系统科学的论著，在此对这些论著的作者一并表示感谢。由于系统科学涉及到广泛的知识领域，而作者学识有限，本书难免有缺点和不足，敬请读者批评指正。

作者 1989年11月

目 录

第一章 系统科学的对象和意义	(1)
第一节 系统科学的对象及其体系结构.....	(1)
一、系统科学的对象.....	(1)
二、系统科学的性质.....	(2)
三、系统科学的基本特征.....	(4)
四、系统科学的体系结构.....	(4)
第二节 系统科学兴起的条件.....	(7)
一、当代科学技术发展的客观要求.....	(7)
二、科学方法发展的要求.....	(9)
三、战争与军事需要的刺激.....	(9)
第三节 系统科学产生的意义.....	(10)
一、开拓了新的研究领域.....	(10)
二、提供了崭新的科学方法.....	(12)
三、为信息化时代的到来奠定科学基础.....	(14)
第二章 系统的特征及其分类	(17)
第一节 系统思想的历史演进.....	(17)
一、系统的含义.....	(17)
二、系统思想的演进.....	(19)
三、系统论的诞生和发展.....	(24)
第二节 系统的基本特征.....	(32)
一、整体性.....	(32)
二、相关性.....	(33)
三、动态性.....	(34)
四、有序性.....	(35)

五、环境性·····	(36)
六、目的性·····	(37)
第三节 系统的分类·····	(38)
一、从系统形成的过程来分类·····	(38)
二、从系统构成要素的性质来分类·····	(39)
三、从系统的时变性来分类·····	(39)
四、从系统与环境的交换关系来分类·····	(40)
五、从系统自然发展层次上来分类·····	(41)
六、从系统的复杂程度上来分类·····	(41)
七、从系统要素排列的方式来分类·····	(42)
八、从系统规定的目标来分类·····	(42)
第三章 系统论的基本原理·····	(44)
第一节 整体性原理·····	(44)
一、整体性原理的含义·····	(44)
二、整体性原理的理论意义·····	(48)
三、整体性原理的实践意义·····	(50)
第二节 子系统原理·····	(52)
一、子系统原理的含义·····	(52)
二、子系统原理的理论意义·····	(55)
三、子系统原理的实践意义·····	(56)
第三节 结构与功能原理·····	(59)
一、结构与功能原理的含义·····	(59)
二、结构与功能原理的理论意义·····	(63)
三、结构与功能原理的实践意义·····	(65)
第四节 系统演化原理·····	(66)
一、系统的生成·····	(67)
二、系统的演化·····	(69)
三、系统的老化与消亡·····	(71)
四、系统演化原理的理论意义·····	(72)

五、系统演化原理的实践意义·····	(73)
第四章 信息及其分类 ·····	(75)
第一节 信息思想的历史演进·····	(75)
一、人类通信方式的历史演进·····	(75)
二、信息论的创立·····	(79)
三、通信系统的信息模型·····	(82)
第二节 信息的定义和性质·····	(85)
一、信息的定义·····	(85)
二、信息与物质、能量关系·····	(87)
三、信息的性质·····	(90)
第三节 信息的分类·····	(92)
一、语法信息、语义信息和语用信息·····	(92)
二、实在信息、先验信息和实得信息·····	(94)
三、其它几种分类方法·····	(97)
第五章 信息原理和交叉信息学科 ·····	(102)
第一节 信息的测度·····	(102)
一、信息与概率·····	(102)
二、信息量基本公式·····	(109)
三、信息量与负熵·····	(110)
四、麦克斯韦妖·····	(112)
第二节 信息的传递·····	(114)
一、信源与信号问题·····	(115)
二、信道问题·····	(118)
三、编码问题·····	(121)
第三节 信息的存贮和识别·····	(125)
一、信息的存贮和提取·····	(125)
二、信息的识别·····	(130)
第四节 交叉信息学科·····	(133)
一、信息经济学·····	(133)

二、信息法学·····	(136)
三、信息论美学·····	(139)
四、语言信息处理学·····	(141)
第六章 控制及其分类 ·····	(146)
第一节 控制论的产生·····	(146)
一、控制和控制论·····	(146)
二、控制论的产生·····	(149)
第二节 控制系统的要素·····	(152)
一、控制系统的基本环节·····	(152)
二、控制的目的和行为·····	(153)
三、输入和输出·····	(156)
四、控制论空间·····	(157)
第三节 控制的类型·····	(160)
一、试探控制和记忆控制·····	(160)
二、开环控制和闭环控制·····	(161)
三、程序控制和随动控制·····	(162)
四、自适应控制和最佳控制·····	(163)
第四节 控制机制·····	(164)
一、信息在控制过程中的作用·····	(164)
二、反馈控制和系统的稳定性·····	(166)
三、自动控制·····	(167)
四、生物电控制·····	(168)
第七章 控制论的应用 ·····	(170)
第一节 生物控制论·····	(170)
一、生物控制论的形成·····	(170)
二、生物控制论的主要内容·····	(173)
三、生物控制论的发展趋势·····	(175)
第二节 工程控制论·····	(176)
一、工程控制论的产生·····	(177)

二、古典工程控制论·····	(177)
三、现代工程控制论·····	(178)
第三节 经济控制论·····	(184)
一、经济控制论的产生·····	(184)
二、经济控制论的研究领域·····	(186)
三、经济控制的基本方式·····	(188)
四、经济控制论模型·····	(191)
第四节 教育控制论·····	(192)
一、教育控制论的产生·····	(192)
二、教育控制论的基本内容·····	(194)
第五节 人工智能·····	(197)
一、人工智能的产生和发展·····	(197)
二、人工智能应用概观·····	(201)
三、专家系统与知识工程·····	(202)
第八章 系统科学方法·····	(209)
第一节 系统方法·····	(209)
一、系统方法的特点·····	(209)
二、系统方法的原则·····	(211)
三、系统方法的步骤·····	(212)
四、系统方法的作用·····	(214)
第二节 系统工程·····	(215)
一、系统工程的由来和发展·····	(215)
二、系统工程的步骤·····	(218)
三、系统工程的应用·····	(219)
第三节 运筹学方法·····	(222)
一、运筹学的产生和发展·····	(222)
二、运筹学的主要内容·····	(224)
第四节 信息方法·····	(232)
一、信息方法的特点·····	(232)

二、信息分析和信息综合	(235)
三、信息方法的作用	(237)
第五节 反馈方法	(239)
一、反馈和反馈方法	(239)
二、反馈方法的基本原则	(241)
三、反馈方法的作用	(243)
第六节 功能模拟方法	(246)
一、模型和模拟	(246)
二、功能模拟方法及其特点	(248)
三、功能模拟方法的作用	(249)
第七节 黑箱方法	(252)
一、黑箱方法及其特点	(253)
二、黑箱方法的步骤	(255)
三、黑箱方法的作用	(257)
第八节 系统科学方法与现代科学思维	(259)
一、现代科学思维观念的整体性	(260)
二、现代科学思维时空的开放性	(262)
三、现代科学思维坐标的多维性	(264)
四、现代科学思维动能的创造性	(266)
第九章 科学系统的新进展	(269)
第一节 耗散结构论	(269)
一、什么是耗散结构	(269)
二、耗散结构形成的机制	(272)
三、耗散结构论的应用	(277)
第二节 协同论	(281)
一、协同论的产生	(281)
二、协同论的基本思想	(283)
第三节 突变论	(287)
一、突变论的产生	(287)

二、突变论的基本思想.....	(288)
三、突变论的应用.....	(292)
第十章 系统科学中的哲学问题.....	(294)
第一节 系统、信息、控制的辩证关系.....	(294)
一、系统、信息、控制概念相互区别.....	(294)
二、系统、信息、控制概念相互联系.....	(296)
三、系统、信息、控制概念的辩证统一 关系.....	(297)
第二节 系统科学与辩证唯物主义的关系.....	(298)
一、为丰富辩证唯物主义哲学范畴提供 素材.....	(299)
二、为印证辩证唯物主义世界观提供现 代自然科学基础.....	(300)
三、为深化辩证唯物主义认识论提供科 学依据.....	(303)
四、为唯物辩证法的具体化、精确化提 供重要条件.....	(308)
第三节 系统科学与科学方法论的关系.....	(311)
一、科学研究方法的历史发展.....	(311)
二、系统科学方法是科学方法论的创新.....	(313)

第一章 系统科学的对象和意义

本世纪40年代，带有强烈时代气息的系统科学，以其独特的功能问世了。系统科学的诞生，改变了现代科学发展的图景和人类的思维方式，是在当代科学技术发展历程中矗立起的一座丰碑。考察系统科学的对象、性质、体系结构和产生的历史条件及其意义，乃是从整体上把握系统科学发展趋势，深入了解系统科学的各种理论和方法的重要基础。

第一节 系统科学的对象及其体系结构

每一门科学都有其特定的研究对象、性质和体系结构。系统科学同样以其特有的研究对象、性质和体系结构与其他科学相区别。

一、系统科学的对象

从宏观上讲，系统科学是一门以系统及其机理为研究对象的横断性的科学群。它包括系统论、信息论和控制论等基础理论，以及由这些基本理论的应用而产生的一系列应用学科。

从微观上分析，系统科学的各门理论，在研究对象方面又都有各自的侧重点。

系统论以一般系统为研究对象，即研究适用于一切系统的模式、原则、方法和规律，并对其进行数学描述。目前，主要研究的内容有：系统的基本理论、基本范围和发展规律，包括系统的定义、特点、结构、功能、熵、随机性以及如何运用数学语言描述各种不同的系统；系统分析技术和方法论，包括系

统工程、数学模型、运筹学、规划论、博弈论、决策论等理论与方法的应用；系统论在社会经济发展中的地位与作用；系统论与哲学的关系等。

信息论以通讯系统为研究对象，它应用数学和统计学方法，研究信息的处理和传递规律。信息论的研究内容是在不断发展和变化的。早期信息论主要研究信息的获取、交换、传输和处理等问题，用以解决电子通讯技术的编码和抗干扰等问题。60年代，人们把信息论分为三类：狭义信息论，主要研究消息的信息量、信道容量以及信息的编码问题；一般信息论，主要也是研究通讯的问题，但还包括噪声理论、信号滤波与预测、调制与处理等问题；广义信息论，除研究上述内容外，还研究所有与信息有关的领域。70年代以后，由于信息概念、理论和方法广泛渗透到科学技术和社会生活的各个领域，所以，信息论又增添了许多新的内容，包括如何运用信息理论与方法去研究科学技术和社会的各种问题。

控制论以控制系统为对象，是一门研究机器、生命和社会中控制与调节的一般规律的科学。目前，主要研究的内容有：系统的控制、行为、目的，控制系统与控制论系统，控制与反馈，控制论的各种方法等。随着控制论的发展，又出现了工程控制论、生物控制论、社会控制论和人工智能等应用性分支学科。由于系统论、信息论、控制论都以系统为研究对象，都以系统、信息、控制等概念做为基本观念，所以，它们的基本思想、基本方法以及数学表述方式是相互交融的，形成一个有机的整体。我国著名科学家钱学森认为，系统论、信息论和控制论实际上是一门理论。正因为这样，我们把系统论、信息论、控制论以及其它一些以系统为研究对象的理论加以综合考察研究，统称为系统科学。

二、系统科学的性质

以系统论、信息论和控制论为核心理论的系统科学，是一门横断性的大学科。它的各种理论，特别是系统论、信息论和

控制论不同于数学、物理学、化学、天文学、地质学和生物学等这一类学科，不是以特定的物质运动形式和运动规律为研究对象，而是研究横跨一切领域、一切学科、一切部门、一切物质运动形式中的系统、控制等的共同属性和共同规律，实际上它们是从不同的方面研究了某些共同的问题。这充分体现出系统科学的横断性质。

另外，系统科学是属于哲学与自然科学之间的“中介学科”，是属于二者之间的“中间层次”。因为，系统科学的横断性质表明它高于各门自然科学。但与哲学相比，又有差异。哲学是关于自然、社会和思维科学知识的概括和总结，它研究的是自然界、人类社会、人的思维过程中共同的属性和规律，解决思维与存在的关系，回答世界的本源等问题。而系统科学不能承担起解决世界观的任务，没有直接回答和解决物质与意识谁是本源的问题。这样，从研究对象和抽象程度上看，系统科学不能与哲学等量齐观。钱学森认为，自然科学与哲学之间的桥梁是系统科学。

在系统科学中，系统论、信息论和控制论是既有区别，又紧密相联的。三者的区别除在研究对象方面不同之外，三者的起源也不同。系统论起源于生物学研究和组织管理技术；信息论发端于通讯技术；控制论则首先是从自动化控制中产生的。三者的联系除它们的基本概念、原则、方法等有广泛的交叉性、相通性和类同性外，还在于对任何一者的说明，都不能脱离开另外二者。系统论的目标是使系统实现或达到最佳化的功能状态，要做到这一点，就不能离开对系统的控制和调节，而对系统的控制和调节，又必须借助于信息的传递、储贮、加工、处理和转换；控制论不只是就某一因素自身去控制，而是对各种因素之间关系的控制，即对系统的控制；信息论不局限于计算信息量的大小，它更关心的是系统内外的信息交换，是针对系统而进行信息控制的。这样，三论之中每一论都包含另外两论

的某些思想和方法，由此，显示出系统科学体系的整体性。

三、系统科学的基本特征

系统科学以崭新的面貌一经问世，就表现出了鲜明的特征。

1. 定量化

系统科学的产生是以数学为基础的，系统科学在解决和处理问题时，大都采用各种数学语言和运用数学工具，使问题得到精确的表述。特别是对那些传统方法无能为力的元科学、大系统的研究和认识，系统科学通过数学表达式，精确地描述了这些科学和系统内的纷繁复杂的联系、相互作用及其转化过程，使这些复杂问题的研究由定性走向定量，从而把人类的认识能力提高和发展到一个新的水平和阶段。

2. 功能性

系统科学从本质上讲是研究事物（对象）的功能的。即它不深究和细查这是什么、不是什么，而是要认真研究它能做什么，即要研究如何使系统（对象）具有一定的功能、功用，达到一定的目的。这种注重功能性与目的性的研究，与其它科学相比，呈现出了鲜明的不同之处。

3. 信息化

运用系统科学理论，特别是用系统科学方法考察和研究对象时，不同于传统的科学方法，它不是着眼于物质和能量而是着眼于信息。它抛开物质与能量的具体形态，把任何研究对象都视为是一个有信息的传输、加工、处理并可以控制的系统；认为任何系统，正是因为都存在着信息流，才使其有可能维持正常的功能和运动，达到一定的目的。通过信息的传输、加工、处理，人们才有可能把握系统的特性，认识系统的本质及其规律性。

四、系统科学的体系结构

系统科学诞生至今已40多年，引起了人们的高度重视，被

基于上述考虑,我们用图给出系统科学的体系结构。

数 学	生 物 学	化 学	无线电通信理论	自动化控制理论	电 子 学	数 理 逻 辑	统 计 力 学	神 经 生 理 学	科 学	管 理 科 学
--------	-------------	--------	---------	---------	-------------	------------------	------------------	-----------------------	--------	------------------

一般系统论	耗散结构论	协同学	突变论	参量型系统论	大系统理论	狭义信息论	广义信息论	控制论	超循环理论	系统科学方法论
-------	-------	-----	-----	--------	-------	-------	-------	-----	-------	---------

教育控制论	智能控制论	社会控制论	经济控制论	生物控制论	工程控制论	生命科学	心理信息学	管理信息学	信息物理学	信息技术	信息安全学	信息环境学	信息经济学	信息社会学	军事系统工程	企业系统工程	系统工程学
-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	-------