

系统理论概要

——现代管理方法论

顾源达 主编 辽宁教育出版社



前 言

二十世纪三、四十年代发展起来的信息论、控制论、系统以及六七十年代崛起的耗散结构理论、协同理论、超循环理论、混沌理论等系统理论，正以崭新的一般科学方法论广泛应用于自然、社会、思维等各个学科领域，有力地推动了现代科学技术的迅猛发展，带来了社会生产力的新飞跃和人们思维方式的急剧变革。系统理论正在突起。

我们为了促进领导干部知识结构的改变，拓宽知识视野，提高管理和决策能力，已经系统地开设了这门新课程。我们在多年教学和科研的基础上写了《系统理论概要》（现代管理方法论）这本书，通俗简明地介绍了系统理论的原理、方法、应用，并探讨了有关的哲学问题和向人们提出的新观念，此书不仅适用于培训各级领导干部的教材，开设有关课程的参考书，而且对哲学教师、理论宣传工作者、经济管理工作、行政管理工作者、新型企业家和对本学科感兴趣的其它读者也有学习参考价值。

由于系统理论的横断性质，涉及的学科领域甚广，作者的知识水平有限，难免有不当之处，诚请读者指正。

本书在编写中曾得到了多方面的专家学者的帮助，采用了有关同志的部分成果并承蒙辽宁社会科学院科学方法论研究室主任、副研究员、辽宁省行政管理学会常务理事马成立同志为此书审稿作序，在这里一并致以深切谢意。

作 者

1988年8月

序

从二十世纪中期以来，系统理论（包括一般系统论、信息论、控制论等等），以它强大的生命活力获得迅速发展，成为人类科学宝库中一颗烁光夺目的明珠。它的创立和发展，带来了深远的社会影响，以至引起世界科学图景的改观、科学家思维方式的变革和当代哲学思想观念的深化。

现在呈现在读者面前的《系统理论概要》（现代管理方法论）一书，就是全面阐述系统理论的概念原理、方法、应用及其哲学问题的一本理论著述。它的出版，不仅对推进党校系统的教学改革、培养新型领导干部具有重要意义，而且也更为广泛的读者了解、掌握和运用这一现代科学理论和方法，提供了方便条件。

研究和探索系统理论及其哲学问题，至少有两个方面的理论价值。一方面哲学需要向现代自然科学尤其是系统科学学习，密切注视它们的新成就、新思想、新问题、新动向，不断从中吸取某些养料，证实和深化某些哲学原理，丰富和发展哲学范畴体系；另一方面，现代自然科学以及系统科学理论研究，也需要接受辩证唯物主义哲学的指导。因为只有辩证唯物主义哲学，“才能为自然界中所发生的发展过程，为自然界中的普遍联系，为从一个研究领域到另一个研究领域的过渡提供类比，并从而提供说明方法。”（恩格斯：《自然

辩证法》，人民出版社1971年版，第28页）。注意接受辩证唯物主义哲学的正确世界观和方法论的指引，又可帮助自然科学以及系统科学理论的迅速发展。

系统理论，是个新兴的研究领域。目前学术界对这种研究工作还不够完善、成熟，还没有形成严格的、公认的逻辑体系，许多概念、观点及它们的哲学诠释，还众说纷纭，看法不一。这本书写作的长处在于，注意博采众家之长，对这个研究领域的一些基本概念、原理、方法及其应用，作了系统介绍和阐述，提出了某些自己的见解。尽管还不能说尽善尽美，无可争辩，但却在这个领域的理论探索方面，作了许多可贵的工作。相信，系统理论的教学定会引起党校学员的浓厚兴趣，吸引学员积极投身到这个新兴学科的学习和研究中去，把系统理论的研究和实践，推向新的境界，获得丰硕成果。

马 成 立

1988年7月15日

目 录

第一章 系统理论的突起	1
一、系统理论的研究对象及其内部关系.....	1
二、信息论、控制论、一般系统论的产生过程.....	8
三、系统理论产生的历史条件.....	20
四、学习系统理论的重大意义.....	26
第二章 信息系统理论原理	35
一、信息定义.....	35
二、一般通信系统模型.....	51
三、信息的计量.....	56
第三章 信息方法及信息系统理论应用	66
一、以信息变换为核心的方法.....	66
二、信息系统理论的应用.....	80
第四章 信息系统理论与哲学	98
一、信息系统理论对马克思主义哲学的丰富和 发展.....	101
二、信息系统理论的哲学新问题.....	113
三、信息系统理论提出的几个新观念.....	132
第五章 控制系统理论原理	135
一、控制概念.....	137

二、控制论系统·····	145
三、控制系统理论基本原理·····	150
第六章 控制论方法及控制系统理论应用·····	160
一、以反馈调节为核心的方法·····	161
二、控制系统理论的应用·····	174
第七章 控制系统理论与哲学·····	187
一、控制系统理论丰富发展了马克思主义哲学·····	187
二、控制系统理论的哲学新问题·····	195
三、控制系统理论提出的几个新观念·····	204
第八章 一般系统理论原理·····	207
一、物质世界存在的特种形式——系统·····	208
二、一般系统理论的基本原理·····	215
第九章 系统方法及一般系统理论应用·····	226
一、以整体性原则为核心的方法·····	226
二、一般系统理论的应用·····	229
第十章 一般系统理论与哲学·····	246
一、一般系统理论对马克思主义哲学的贡献·····	247
二、一般系统理论的哲学新问题·····	258
三、一般系统理论提出的几个新观念·····	263
第十一章 自组织系统理论·····	267
一、耗散结构理论·····	267
二、协同理论·····	276
三、超循环理论·····	283
四、混沌理论·····	286
第十二章 系统理论的发展·····	293
一、从信息论到信息科学·····	293

二、从控制论到大系统理论和智能控制论·····	300
三、从一般系统论到系统科学·····	305
四、发展系统理论推动哲学的变革·····	311

第一章 系统理论的突起

本世纪四十年代以来，系统理论象一支异军在科学体系中突起。它那新颖的方法和广泛的应用，日益为世人所瞩目。国外许多大学增设了系统工程的科、系和研究中心，大量出版和发表了系统理论的专著和论文。许多科学家主张用系统理论来分析解决人口、粮食、资源、生态等一系列全球性问题。在国内，尤其在近年来，系统理论也得到了迅速的普及和广泛的研究及应用。部分大学已专门开设系统理论的课程。一些学会大力普及系统理论的知识，有的科研单位还设立专门的研究机构。系统理论已渗透到社会政治、经济、文化教育、国际关系等各个领域。当今掌握并运用系统理论对加快和深化社会改革，发展社会生产力具有极为重要的意义。

一、系统理论的研究对象及其内部关系

1. 什么是系统理论

所谓系统理论，是指以物质世界的特种存在形式——系统为研究对象的理论。它包括信息系统理论、控制系统理论

论、一般系统理论、自组织系统理论（包括耗散结构理论、协同理论、超循环理论和混沌理论）等。

我们通常所说的信息论、控制论和一般系统论是系统理论的最初的经典理论形态，现在它们的研究范围均已超出了原来的界限，我们把它们分别叫作信息系统理论、控制系统理论、一般系统理论、自组织系统理论。以与它们的经典理论相区别。

我国著名科学家钱学森在国内除了倡导系统工程的研究与应用外，还十分重视系统科学的研究，并主张创立系统科学。他把整个科学体系横向地列为：自然科学、社会科学、数学、系统科学、人体科学、思维科学、文学艺术、军事科学和行为科学九大类；纵向地列为：哲学、基础科学、技术科学和工程技术四个层次。就系统科学来看，最高层次和其它科学一样，都归向马克思主义哲学。其次是系统论，系统学是系统科学的基础理论。控制论，信息论，包括运筹学，是系统科学的技术科学。各门系统工程，通讯技术，自动化技术，则是系统科学的工程技术。见表 1。

由此可见，系统科学目前正以各种系统理论的形式蓬勃发展着，为系统科学的创立准备条件。我国一批著名的系统理论的学者，为系统科学的问世正在从事艰苦的开创性工作。本书主要介绍信息论、控制论、系统论和耗散结构理论、协同理论、超循环理论、混沌理论等两组系统理论。

表 1

哲 学	马克思主义哲学								
	美 学	系 统 论	证 据 自 然 辩 法	人 天 观	认 识 论	数 学 哲 学	历 史 唯 物 主 义	军 事 哲 学	社 会 论
基础科学	∴ ∴	系统学	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴
技术科学	∴ ∴	运筹学 控制论 信息论	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴
工程技术	∴ ∴	系统工程 各系	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴	∴ ∴

2. 两组系统理论之间的关系

两组系统理论都以物质世界的系统层次为研究对象，这一点没有什么不同。而第一组系统理论中的信息论，仅从信息的角度研究了系统的信息和信息运动规律。控制论从控制的角度研究了系统的控制和控制规律。系统论从功能效应的角度研究了系统的总体效应。但它们对系统的有序性问题都阐述得不够，于是另一组以揭示系统的有序性机制为主要目标的新系统理论，竞相出现了。主要有耗散结构理论、协同理论、超循环理论和混沌理论等。由于这一组自组织系统理论的形成，大大推动了系统理论向系统科学的发展。有人主张把两组系统理论，包括运筹学结合起来，创立一门崭新的系统科学是不无道理的。

3. 信息论、控制论和一般系统论的研究对象及其相互关系

信息论、控制论和系统论之间的关系，目前学术界存在许多不同的认识。有的人认为信息论应包括控制论和系统论；有的人认为控制论可以包括信息论和系统论；当然，也有的人认为系统论包含了信息论和控制论。究竟三者之间存在怎样的关系？是一个有待回答的问题。

为了弄清三者之间的关系，这里从“三论”各自研究的对象谈起。信息论研究的范围通常包括信息度量、信息传递、信息控制、信息识别和信息处理等领域。这些也正是在通常意义下通信所包含的基本问题。经典信息论的创始人，美国数学家申农指出：“通信的基本问题是在通信的一端精确地或近似地复现另一端所挑选的消息。”《通信的数学理论》在整个信息论的发展过程中，这是一种普遍能为人们所接受的理解。但是，由于信息论的发展，比较普遍的意见认为，信息问题确实已经远远超出传统信息论的研究范围，渗透到极为广阔的领域，需要一个更高层次的学科来概括信息的本质及其运动一般规律，这就是正在形成的广义信息论或叫做信息科学。国际上创办最早、影响最大的一个学术团体及其出版物，美国电子学与电机工程学会的信息论杂志，是这种观点的典型代表。直到现在，它所举办的国际信息论学术讨论会及其杂志的报道内容，仍然恪守这个基本范围，这就是：随机过程（即信源信息量的研究）、申农理论、通信系统与通信网、编码理论、检测与估计、过滤与预测、模式识别、信号与信息处理、复杂性与密码等。

应当承认，信息论从申农理论范围扩展到信息科学范围

是不奇怪的。因为通信问题不是人与人之间的“专利”，事实上人与机器，机器与机器，机器与物，人与物之间都存在着通信联系，可以把通信定义为信息的联系、转移或交换。哪里存在信息联系，哪里就发生了信息的转移或交换，哪里便在通信。由于信息的普遍存在，通信问题以及作为通信理论的信息论就是一个十分广泛的理论。因此可以认为信息论就是研究信息运动规律的科学。

控制论按照控制论的创立者，美国数学家诺伯特·维纳的最新定义，是关于动物和机器中控制和通信的科学。定义至少说明两点：其一，控制论关心的通信，就是信息的传递和交换，这与信息论的研究是重合的。至于控制，实质上是使信息通过一定的物质与能量形式而发挥作用，影响或改变对象的运动状态和运动方式，从而达到某种预定的目标。可见控制论研究的问题，基本上也是信息的问题。具体来说，就是研究如何有效地从控制对象取得有关对象运动状态的信息，经过处理和加工而导出有效的决策，产生相应的控制信息，并把这种控制信息作用于对象，通过不断的信息反馈与交换，调节与控制，使过程稳定到预定的目标。因此控制论的基本课题，是各种控制系统及环境中有关信息的取得、传递、处理、决策、反馈、调节和控制以及这种控制过程的有效性和稳定性等等。其二，按照维纳的定义，控制论不仅研究机器中的通信与控制问题，还要研究动物和其它生物以及人和人类社会的通信与控制问题。虽然维纳曾认为由于社会现象的统计游程太短，控制论在社会领域的量化研究将遇到一定困难，但是并没有完全排除这种应用的可能性。事实上，后来的研究表明，控制论原理在社会领域的应用不但是可

能的。而且在某种意义上讲，简直是必然的、不可避免的。由于控制论抓住了信息问题作为研究的主线，注重各种不同运动形式之间行为的相似性和功能的相似性，就直接导致仿生学、人工智能这样一些崭新的边缘学科的问世和迅速发展，导致工程控制论、生物控制论、社会控制论、经济控制论这样一些控制论分支的建立和逐步走向完善。可见，由于信息、通信和控制概念的普遍性，信息论和控制论研究的问题相互重迭，研究范围的相互覆盖是不难理解的。

系统论是从系统整体上，从系统各要素的相互关系上进行研究，从而确立适用于各种系统的一般原则的科学。一般系统论的奠基人，美籍奥地利生物学家贝塔朗非，他从生物学的研究中归纳出一些普遍的原则，构造了一般系统论的基础。系统论认为，任何系统都是由若干要素构成的，这些要素是互相有机地联系在一起的，而要素和联系的本身又是在变化着的。因此，要构成一个优化的系统，使它能够实现整体最佳功能，必须充分研究要素之间关系，要素与系统的关系，系统与系统的关系，系统与环境的关系等等。而研究这些联系与关系，就是研究系统的信息。可见系统论的要害仍然是信息问题。为了实现系统优化，必须获得足够的信息，并且系统论的原则和方法，不仅适用于生物学，而且适用于一切系统，包括社会系统。从信息的观点来看，系统论的根本问题是要研究和解决如何使系统由无序转变为有序，由高熵水平走向低熵水平，由无组织或组织程度很低向高度组织化发展。显然，这是一切系统所共有的普遍问题。而为了解决这类问题，就得充分利用信息来调整和控制系统要素之间的联系，调整系统与环境的联系，从而逼近或达到系

统目标。因此，系统的问题，归根结底还是信息和控制问题。

总之，无论是信息论、控制论还是系统论，中心问题都是认识信息和利用信息。不过，信息论主要研究信息的认识问题，包括认识信息的性质和量度方法，认识信息的取得、检测、识别、存贮、传递、处理的规律和方法；控制论和系统论则主要研究信息的利用问题，包括如何利用信息来实现对对象有目的的控制和怎样利用信息来实现高度组织化的系统。从这样的关系中可以看出，信息论是控制论的基础，信息论和控制论一起又是系统论的基础。控制的本质是信息对对象的调整，系统论的关键则是信息对要素的组织。所以，没有信息就没有控制，也谈不上系统；没有对信息的深刻认识，就不能实现良好的控制，也不能形成高度组织化的系统。这是问题的一方面。另一方面，离开控制系统，信息也就失去了意义。只有正确地认识信息，并充分地利用信息来实现有目的控制，进而构成为此目的服务的组织化的系统。这就是信息论，控制论和系统论三者之间不可分离，相辅相成的关系。不存在谁包括谁，谁代替谁的问题。当然从某种意义上看，三者之间还是有主次或先后之分的。如果从本体论意义上看，一切系统都存在信息、控制和效应。任何一个系统内部各要素之间，以及系统与环境之间都存在信息变换，该系统的效应，均经过对信息的控制才能产生。系统的信息，控制，效应都是客观存在的，无所谓先后主次。如果从认识论的角度看，我们对系统的认识，必须首先调查研究，搜集信息，对信息的利用，则需经过控制，逐步形成系统才能获取好的效应。仅从此意义上说信息论领先。

二、信息论、控制论、一般系统论的 产生过程

1. 申农信息论的创立

①信息论建立的准备阶段

在科学史上对通信的研究早就开始了，甚至在牛顿以前这类问题就在物理学中出现过，特别是在弗尔马、惠更斯和莱布尼茨的著作中出现过。这三人对物理学都有爱好，但他们的注意力不是力学，而是光学，即视觉形象的通信问题。

然而信息论作为一门科学理论，其形成和产生的渊源可以追溯到十九世纪。十九世纪中叶到本世纪四十年代可以作为信息论产生的准备阶段。自牛顿力学创立以来，从十七世纪到十九世纪在自然科学领域中，机械唯物论的世界观占统治地位。机械唯物论否认客观世界存在着偶然因素，把偶然性和必然性绝对地对立起来，企图用拉普拉斯的决定论来解释一切。拉普拉斯是法国天文学家、数学家和物理学家。他曾经指出，只要知道了宇宙中所有的作用力及所有原子在某一时刻的坐标和速度，就能确定世界的全部过去和未来，这就是人们通常所说的拉普拉斯决定论。这是一种机械决定论的世界观。值得提出的是，正当绝大多数自然科学家在这种形而上学思想的束缚下，遵照机械决定论的观点思考问题的时候，美国的物理学家吉布斯和奥地利的物理学家波尔兹曼却首先把统计学引进物理学领域，使物理学对客观世界中存在的不确定性和偶然性不得不加以考虑。把研究偶然性作为一

种科学方法引入物理学，这是吉布斯的一大功绩。对此，维纳曾予以肯定，他指出吉布斯的统计力学方法中隐含着把一个复杂偶然事件看作为由许多局部偶然事件无限概率之和。他在《人当作人来使用》一书中曾指出：吉布斯为了修正牛顿的传统学说而将偶然性的观点引入物理学。这种方法为信息理论的创立提供了方法论的前提。波尔兹曼把熵函数引入统计物理学，对熵首先做了微观解释，指出熵是关于一个物理系统分子运动状态的物理量，表示分子运动的混乱程度，并且把熵和信息联系起来，提出“熵是一个系统失去了的‘信息’的度量。”（转引自陈润生：《熵》见《百科知识》1981年第10期第78页）偶然性，熵函数引进物理学就为信息论的产生提供了思想前提。他们虽然都涉及到有关信息方面的问题，但由于当时科学技术水平的限制，未能直接提出信息理论的问题。

随着资本主义的发展，特别是近几十年来社会生产，阶级斗争以及科学技术的发展，人们对传输信息的要求越来越高，因此怎样提高通信系统传输信息的能力和传输的可靠性，怎样对各种形式消息中所包含的信息作定量描述，就成为迫切需要解决的课题。

提高通信系统传输信息的能力即提高通信系统的效率，就是尽可能用最窄的频带，尽可能快、尽可能多地传送信息并尽可能少地消耗能量，也就是要提高通信的质量和经济性。而提高信息传输的可靠性，就是在信息的传输过程中，力图消除或减少噪声的干扰，以提高通信的质量。但是在通信的实践中，人们发现，在一定条件下，要同时达到上述两个要求，就会遇到矛盾：要减少噪音的干扰，信息传输速率就要

降低；而提高了信息传输的速率，则噪音干扰就不可能有效地避免。这就是说，在一定条件下要解决上述矛盾是困难的。为此，有人想到，在限定条件下，同时提高通信的效率和可靠性的要求，可能存在一种理论上的界限，这就需要应用数学理论。这样，从通信的实践中提出了应用数学理论指导解决信息问题的要求。

本世纪二十年代，根据通信实践的需要，奈魁斯特与哈特莱最早研究了通信系统的传输效率问题。奈魁斯特提出，电信信号的传输速率与信道频带宽度之间存在着比例关系。哈特莱认为，用对数作为信息量的测度。1924年奈魁斯特发表了《影响电报速度的某些因素》一文。四年以后，哈特莱于1928年又发表了《信息传输》一文，首次提出了消息是代码、符号、序列，而不是内容本身。这是信息研究中的重要突破。就是说，消息与信息有区别，消息是信息的载体，信息是包含在消息中的抽象量，这就实现了概念上的突破，加深了对信息概念的认识。另外，他还第一次提出信息量的概念，并企图用数学公式描述信息量。这是从通讯中发展而来的统计信息。比如十个人里有一个钱老师，就是说给一个哈特莱的信息量。如果进一步讲从十个人中找出一个钱老师来就是一个信息量。 $I = \log_{10} 10 = 1$ (I = 信息量) 这是一个简单的数学公式，但未建立较强的数学基础。哈特莱的工作，为信息论的建立提供了正确的思想方法，因此有人认为哈特莱的工作对申农信息论的创立是具有启发性的，也可以说为信息论的建立奠定了初步的基础。

②信息论的创立阶段

到了本世纪四十年代，随着雷达、无线电通讯和电子计