

思维与方法新科学

杨得琳 胡爱本 张任 著

系统论

信息论

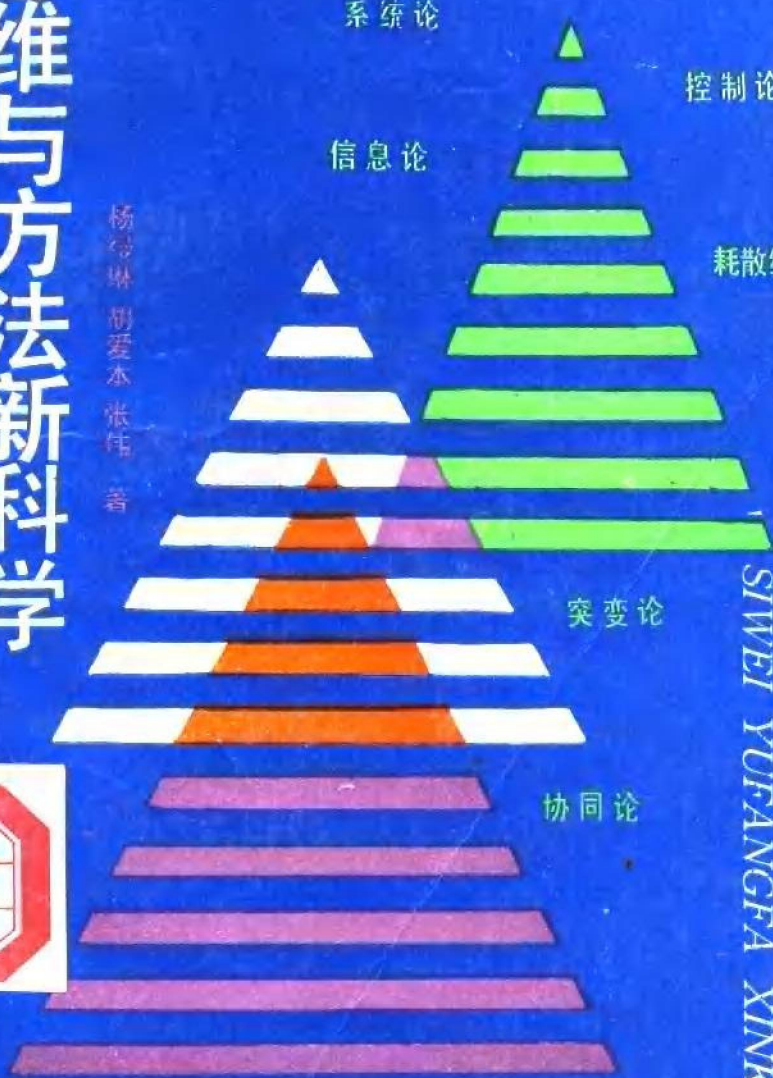
控制论

耗散结构论

突变论

协同论

SIWEI YUFANGFA XINKE XUE



思维与方法新科学

——系统科学论

杨缦琳 胡爱本 张伟 著

中国青年出版社

责任编辑：程绍沛

封面设计：韩琳

思维与方法新科学

——系统科学论

杨缦琳 胡爱本 张 伟 著

*

中国青年出版社出版 发行

中国青年出版社印刷厂印刷 新华书店经销

*

787×1092 1/32 7.25印张 140千字

1990年5月北京第1版 1990年5月北京第1次印刷

印数1—5,500册 定价3.15元

目 次

前 言

第一章 系统论

1	历史的回顾.....	3
2	什么是系统.....	8
3	有关系统的几个概念.....	10
4	系统的基本性质.....	18
5	系统的分类.....	27
6	管理系统的主要特点.....	33
7	系统的评价标准.....	36
8	系统的研究方法.....	37
9	系统理论的科学意义.....	67

第二章 信息论

1	什么是信息.....	70
---	------------	----

2	信息论的产生和发展	72
3	信息的性质	73
4	信息如何度量	79
5	通信技术基础	84
6	信息技术基础	97
7	信息的收集、加工和存储	109
8	信息的使用与管理	121
9	信息商品化与信息价值的计算	126
10	信息对社会的影响及未来的信息世界	129

第三章 控制论

1	控制论起源与发展	135
2	控制论的研究方法和概念	145
3	控制系统	150
4	控制论在管理中的应用	157

第四章 系统科学的三个新理论

1	耗散结构理论	170
2	突变理论	186
3	协同学	210

前 言

20 世纪 40 年代以来,产生了许多新兴学科,特别是介于自然科学与社会科学之间的综合性学科大量涌现,系统科学就是其中之一。

系统科学包含有很多内容。第一层次的内容是直接改造客观世界的技术,即各种系统的工程技术,统称为“系统工程”,它包括工程系统工程、军事系统工程、经济系统工程、教育系统工程等。系统科学第二层次的内容是直接为系统工程技术服务的一些技术科学,例如运筹学、信息论、控制论。系统科学第三层次的内容就是系统科学中的基础理论部分,例如一般系统论、耗散结构论、突变论、协同论等。

本书旨在向读者介绍系统科学中第二和第三层次的有关内容,即在近 40 多年来发展的系统论、信息论、控制论,和在近一、二十年来发展的耗散结构论、突变论、协同论。这些基本理论概念和基本方法,将帮助读者建立新的思维方法和工

作方法,向你引进新的管理思想和管理技术,以便使你适应正在兴起的改革浪潮,同时也有助于读者进一步去掌握现代科学技术的新成果,引导你跨入 21 世纪高度自动化、信息化的新社会。

系 统 论

本章讲述的“系统论”，既包括系统科学的基础理论部分，如系统的基本概念、系统的结构、系统的属性、系统的分类和适用于一般系统的普遍原则、规律和方法等，这些内容属于“一般系统论”的范畴。同时本章也介绍了一些应用方面的技术性内容，例如，系统的研究方法、系统的评价标准等。因此我们这里所讲的是一种广义的系统论。

一 历史的回顾

1. 古代的“系统”思想

最朴素的系统思想，早在我国古代就有萌芽。例如，在长期的农业生产活动中，人们认识到农作物的生长与种子、水土、气候、肥料、耕耘方法、管理的精细程度等等许多因素有关，这些经验在一些古书中常有记载，例如，《诗经》的农事诗《七月》等。又例如，在长期与疾病作斗争的过程中，人们认识

到人体各部位之间的有机联系,因此,中医治病一般不是“头痛医头,脚痛医脚”,而是从全身着眼,根据人的体质、气色、感觉,乃至神态等多种症状,综合下药,一副中药往往有十味以上成分调剂而成。这些,在我国古代医书中有很多阐述。在工程技术上最突出的例子是战国时代秦国李冰主持设计和修建的都江堰水利工程,它由分水、分洪排沙、引水等三项主体工程 and 120 个附属渠堰工程组成一个协调运转的有机整体,起到了每个单独的工程所起不到的作用。古代朴素的系统思想也反映到哲学上来,例如春秋末期的老子指出了自然界的统一性,南宋的陈亮从整体角度阐述了部分与整体的关系等。

在外国,古代也有系统思想的萌芽,例如古希腊的赫拉克利特指出:“世界是包括一切的整体”。亚里士多德指出:“整体大于它的各部分之和”,柏拉图提出了系统的等级概念,等等。

2. 恩格斯的系统思想

辩证唯物主义的创始人之一恩格斯,在一百多年前所写的著作中包含了丰富的系统思想。他在《自然辩证法》中写道:“我们所面对着的整个自然界形成一个体系,即各种物体相互联系的总体,而我们在这里所说的物体,是指所有的物质存在,从星球到原子,甚至直到以太粒子,如果我们承认以太粒子存在的话。这些物体是互相联系的,这就是说,它们是相互作用着的,并且正是这种相互作用构成了运动。”在这里,恩格斯指出了自然界是由各种相互联系、相互作用的物体组成的系统。

恩格斯在《自然辩证法》中，具体而生动地论述了人与自然界的相互关系。如列举了美索不达米亚等地居民，为了想得到耕地而把森林砍光，结果失去了积聚和贮存水分的中心，成为荒芜不毛之地；阿尔卑斯山的意大利人砍光松林，结果摧毁了牧场，山泉枯竭，雨季时洪水倾泻到平原上。他列举上述例子后，告诫人们说：“因此我们必须时时记住：我们统治自然界，决不像征服者统治异民族一样，决不像站在自然界以外的人一样，——相反地，我们连同我们的肉、血和头脑都是属于自然界，存在于自然界的；我们对自然界的整个统治，是在于我们比其他一切动物强，能够认识和正确运用自然规律。”由此可知，恩格斯是把人类社会与自然界看成为一个大系统的。

恩格斯不仅揭示了自然界的系统性，而且也指出自然科学的系统性，因为自然科学是反映客观世界的。在《反杜林论》一文中，恩格斯说：“把自然界分解为各个部分，把自然界的各种过程和事物分成一定的门类，对有机体的内部按其多种多样的解剖形态进行研究，这是最近四百年来在认识自然界方面获得巨大进展的基本条件。但是，这种做法也给我们留下了一种习惯：把自然界的事物和过程孤立起来，撇开广泛的总的联系去进行考察”。恩格斯说这种考察事物的方法造成了最近几个世纪所特有的局限性，即形而上学的思维方式。

由上可见，在一百多年前，恩格斯的世界观和方法论中，已包含了明确的系统思想。

3. 系统论的诞生

美籍奥地利生物学家路德维格·贝塔朗菲（1901-1972）是系统论的创始人。他在本世纪20年代研究生物学时，不满意当时生物学的传统研究方法——机械论的方法，他指出机械论方法有三个错误观点，即简单相加的观点、机械的观点和被动反映的观点，认为这种方法不能完整地描述生命现象，为此，他提出了机体系统论概念，强调要把有机体当作一个整体或系统来考察，其基本观点是：（1）系统观点，认为一切有机体都是一个整体，一个系统；（2）动态观点，认为一切生命都处于积极的活动状态；（3）等级观点，认为各种有机体都按严格的等级和层次组织起来。这些观点为他后来创立“一般系统论”奠定了基础。

后来，贝塔朗菲继续寻求一种能适用于各门学科的一般的系统理论。1937年，他在美国芝加哥大学第一次提出“一般系统论”的概念，1945年，他发表了《关于一般系统论》的论文。由于这期间第二次世界大战正在进行，他的理论未能传播。1947年，他在美国再次讲授“一般系统论”，才受到学术界的重视，作为一门新兴学科诞生了。1954年，“一般系统论学会”成立，1968年，贝塔朗菲在加拿大发表了《普通系统论的基础、发展和应用》。这本书进一步把生物机体系统论扩展到社会其他领域，较完整地论述了系统论的思想。1972年，贝塔朗菲还发表了他最后的论文《一般系统论的历史和现状》，指出“一般系统论”可以广泛运用于各个领域，作为各种类型系统的一种基本理论，同时指出系统论具有哲学方法论的意义，能指导人们认识和研究世界。

4. 系统理论的最新发展

贝塔朗菲的“一般系统论”是用类比同构的思想方法建立起来的，只能说明类比型系统的确定规律而不能说明一般系统的其余规律，他的理论还缺少精确的定量化分析，不能说明系统的有序性和目的性等问题。

上述这些问题到70年代才从理论上予以解决，这就是“耗散结构论”和“协同论”。

“耗散结构论”是在1969年由比利时物理学家普里高津创立的，它说明了非平衡状态的开放系统如何从无序状态转变为有序状态，并开始进行定量化的分析。这一理论获得很高评价，被称为70年代科学的“辉煌成就之一”，普里高津也因此而获得了1977年的诺贝尔奖金。

“协同论”是在1976年由联邦德国物理学家哈肯创立的，他用统计力学的方法来解决复杂系统和各种不同的系统从无序转化为有序、从不稳定转化为稳定的机理和条件，他通过严格的理论证明和精确的定量分析，把从无序到有序的转变条件讲得非常清楚，把耗散结构论从非平衡状态的开放系统推广到平衡态的封闭系统。

所以耗散结构论和协同论是系统论的新发展，而耗散结构论和协同论所进行的定量研究又是借助于新的数学分支——突变论的帮助，突变论通过耗散结构论和协同论也与系统论联系起来。

二 什么是系统

1. “系统”的定义

在各种关于系统问题的文献和著作中，作者们都用自己的语言给系统下了定义，如果罗列起来，可能有几十个，但归纳一下，基本上是三大类。

第一类是从组成结构、部分与整体的关系方面加以定义的，这类定义的代表是贝塔朗菲，他说：“系统可以定义为相互作用着的诸元素 f_1, f_2, \dots, f_n 的综合体”。按这类方式来定义系统的人为数最多，但各人所用的名词则很不统一，例如这里的“元素”，有用“要素”、“客体”、“部分”、“成分”等等来描述的；这里的“综合体”，有用“统一体”、“整体”、“总和”、“集合”等等来描述的；这里的“相互作用”，有用“相互依存”、“相互关联”等等来描述的。

第二类定义是借助“输入”和“输出”的概念而提出的，例如“系统——本质或实物、有生命或无生命物体的集合体，它接受某种输入并按照输入而产生某些输出，而其目的则在于使特定的输入和输出功能得到最佳的发挥”。

第三类定义是把系统看作是数学模型，例如“系统是用来表述动态现象模型的数学抽象”；又如“系统 S 是在集合 V_1, \dots, V_n 基础上确定的一种关系，即 S 是集合 $S \subset V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n$ 的笛卡尔乘积的子集合”。

显然，上述的第一类定义是最容易理解和被人接受的，即

系统是由一些元素(部分)所组成, 这些元素(部分)之间是有相互作用和密切联系的, 通过这些相互作用和联系使系统具有特定的功能, 达到某种目的, 所以, 一个系统是一个有机整体。用一句话陈述, 就是: 系统是由一些相互联系、相互作用的元素所组成的具有特定功能、达到某种目的的有机整体。

2. 一切事物都是一个系统

从物质结构来看, 分子和原子都是系统, 原子是分子的组成元素, 分子是物体的组成元素, 它们是规模很小的微观小系统。再大一点, 各种物理机械也都是系统, 例如机械式的钟表是由齿轮、发条、指针等零件组成的具有表示时间功能的综合体; 各种自动控制机械, 是由检测器、调整器、执行器等部件组成的具有自动控制功能的有机整体。从生命组织来看, 细胞是微观的小系统。再大一点, 各种植物和动物都是具有各种特定功能的有机整体。人是最高级的动物, 人当然也是一个系统, 它由神经系统、血液循环系统、呼吸系统、消化系统以及四肢等各个部分组成。人们进行生产劳动就形成了企业和各种部门, 企业是由人、财、物和管理机构等组成的生产系统。人们的日常生活是以家庭为单位, 而家庭就是由父母兄弟姐妹等组成的系统。千万个家庭和千万个企业就形成了社会, 人类社会是一个复杂的大系统。更大的从宇宙太空来看, 天体是一个浩瀚的大系统, 地球只是太阳系中的一颗小行星, 而太阳系又只是银河系的很小一部分, 而银河系又只是茫茫宇宙太空中的一小片星云。

不仅具体的物质能构成系统, 而且非物质的抽象的东西

也是构成系统的,如语言和文字是一种系统;现代科学技术也是一个系统。钱学森同志讲,现代科学技术这个系统是由自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学和人体科学这六大部门组成的;文学艺术也是一个由小说、诗歌、杂文、艺术等组成的系统;马克思主义哲学是一个建筑在八块基石上的大厦,这八块基石就是自然辩证法、历史唯物主义、数学学、系统论、认识论、人天论、美的哲学和军事哲学。所以马克思主义哲学也是一个系统。

综上所述,系统是普遍存在的,宇宙间的一切事物都处于一定的系统中,我们每个人随时随地也都处于一定的系统中,我们可以把每个要研究的问题当作一个系统来研究。

三 有关系统的几个概念

1. 系统的边界

前面已讲到,系统是由相互联系、相互作用的诸元素组成的,具有特定功能的综合体,因此,在研究某个系统时,必须先弄清楚哪些元素对系统的功能有较大的影响,哪些元素相互之间有密切的联系,而哪些因素相互间的联系不是太密切,对系统的影响较小,我们把那些相互间联系密切并对系统的功能影响显著的元素划作为系统的内部元素,其他的则作为系统的外部元素,称为系统的环境,在系统的内部元素与环境之间,我们假设有一条分界线,称为系统的边界,如图1-1所示。

确定了系统的边界，就使我们所研究的问题有一个适当的范围，有一些次要因素可被忽略，使问题得到简化，而使主要问题更加明确，便于分析研究。

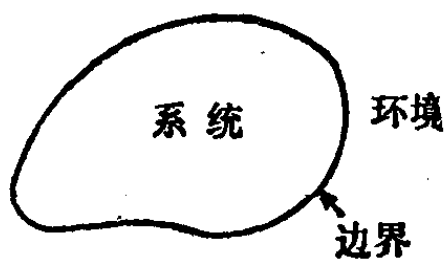


图1-1

2. 系统的结构

系统的结构，从基本概念来讲，是指系统内部的组成元素（组成部分）之间相互联系、相互作用的方式。而对于这些相互联系、相互作用又可以从不同角度采用各种不同的描述。也就是对于系统结构，可以有多种描述，这是随着不同的系统或不同的研究目的有所不同的。

1) 组织结构。

这是指一个系统中各元素或各成员或各组成部分之间的隶属关系。例如一个企业是由生产部门和管理部门组成，生产部门又划分为一些车间，车间又划分为一些班组，管理部门则包括物资管理、财务管理、人事管理等。其组织结构如图1-2所示。

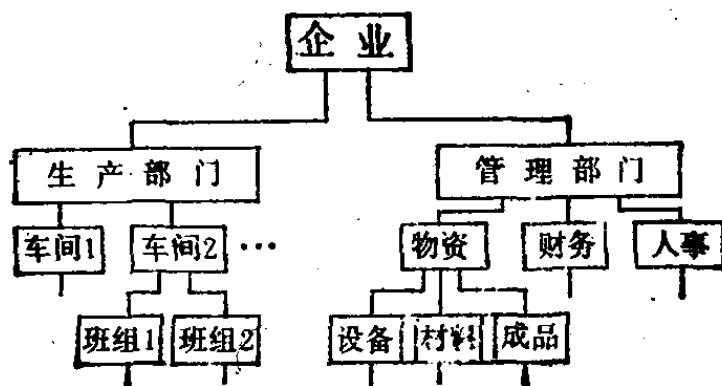


图1-2

一个系统的组织结构是否合理,会影响这个系统的功能,影响系统的目标是否能够达到。例如,一个企业如果其组织结构划分不合理,生产工序间不能很协调配合或管理出现漏洞等,势必会妨碍生产的有效进行,影响企业的效益。

2) 因果关系结构。

这是指一个系统中各元素或各部分之间的因果关系。这种因果关系可以用因果关系图来表示,它也是系统结构的一种图象表示。因果关系图的画法是:如果元素(或变量)B的行为要受元素A的影响,即如果A发生变化,则B也会随之产生变化,则可画一条从A到B的连线,并且用箭头指向B,这叫因果关系键,如果B与A的变化方向是相同的(即A增加时B也增加,或A减少时B也减少)则在箭头旁标以“+”号,表示是正的因果关系;同理,负的因果关系用“-”号表示,即B与A的变化方向是相反的。由两个以上的因果关系键首尾串联而成封闭的回路,这就是因果关系图。

例如,在人口系统中,如果出生率(每年出生的人数)增加,则人口总数会增加,而人口总数增加又会使出生率更增加(假如不考虑计育生育的话)。但是如果死亡率(每年死亡的人数)增加,则人口总数会减少,而人口总数的减少,又会使死亡率减少。这些关系可用如图1-3的因果关系图表示。

有许多因果关系是客观存在的规律。但是如果把人为的因素考虑进去,则系统的结构关系会起变化。例如人口系统中,人所制定的计划生育政策就会对系统的行为产生影响,在系统结构中就应反映这种因素的作用。