

现代科学技术的发展与科学方法

魏宏森等 编著

现代科学技术的发展与科学方法

清华大学出版社

71.04
845

现代科学技术的发展 与科学方法

魏宏森等 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

为了迎接“新的技术革命”、“新的产业革命”的挑战，了解这场革命中某些新兴学科产生的来龙去脉，认清其发展趋势以及由此带来的人类思维方式和科学方法上的某些变革，特将作者近年来在现代科学技术发展历史和现代科学方法论方面的学习心得和研究成果汇集成册。内容包括系统论、信息论、控制论、系统工程、电子计算机、机器人与人工智能等学科发展的历史、现状、趋势和意义；涉及系统方法、信息方法、反馈方法和功能模拟方法等方面；对某些问题作了哲学上的解释。

本书为广大读者提供了有关资料，可供大专院校本科生、研究生、党校、干部进修学校学员学习哲学、自然辩证法、科学技术史、科学方法论等有关课程时阅读参考，对广大经济工作者、管理干部亦有参考价值。

现代科学技术的发展与科学方法

魏宏森等 编著



清华大学出版社出版

北京·清华园

清华大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售



开本：787×1092 1/32 印张：9 1/2 字数：219 千字

1985 年 10 月第一版 1985 年 10 月第一次印刷

印数：00001—12,000

统一书号：17235·25 定价：1.95 元

序

本世纪以来，科学技术发展的巨大成就表明，人类在认识、利用和改造自然的征途上进入了新的阶段。特别是第二次世界大战以后，系统理论、系统科学、计算机科学的诞生和应用，对人类的物质生产和社会生活各个方面产生了深远影响，解放了人的智力，提高了人的主观能动性，加强了人在自然界中的地位和作用。认真学习自然科学中的新理论，掌握新技术，研究它的发展历史及其科学方法，不仅可以帮助我们加深理解当前世界上出现的一场新的技术革命，而且对科学技术的进一步发展和实现我国社会主义四个现代化建设具有现实意义，亦为丰富、发展辩证唯物主义提供自然科学基础具有重大的理论意义。

作者试图运用辩证唯物主义的基本观点，从自然科学与社会科学的结合上作一点探索。本书分别对系统论、信息论、控制论、系统工程、计算机、人工智能等一组新兴学科进行历史的考察，从中概括出现代科学方法——系统科学方法论，最后探讨了这些新兴学科与辩证唯物主义的关系。其中许多内容曾分别以不同形式公开发表过。在一些出版社的促进和热心同志的鼓励下，现汇集成册，为研究者提供方便。由于发表时间、刊物以及对象不同，有些内容难免略有重复，请读者谅解，不妥之处欢迎批评指正。

魏 宏 森

一九八三年十月

于清华园

目 录

序

一门崛起中的学科——系统理论·····	(1)
辩证系统观的进化·····	(6)
系统论、信息论、控制论的产生、发展和趋势·····	(20)
系统工程发展的历史·····	(55)
电子计算机的产生、发展与新的工业革命·····	(72)
人工智能概念浅释·····	(90)
人工智能研究的发展历史及若干问题的初步探讨·····	(100)
人工智能的历史和现状·····	(117)
关于发展机器人的几点看法·····	(134)
控制论的创始人——维纳在清华·····	(146)
控制论与科学方法论·····	(152)
系统科学方法论的基本设想与基本内容·····	(156)
系统方法及其在科学研究与科学管理中的作用·····	(168)
信息方法及其作用·····	(199)
反馈方法与经营管理、科学研究·····	(228)
功能模拟法及其在科研与管理中的应用·····	(241)
系统论、信息论、控制论给马克思主义 哲学提出了新课题·····	(253)
系统理论中的若干科学与哲学问题初探·····	(259)
略论系统理论与辩证唯物主义的关系·····	(266)
辩证唯物主义系统观初探·····	(281)

38829

一门崛起中的学科——系统理论

魏 宏 森

什么是系统理论？让我们先从两个事例说起：

1976年，苏联曾有一名驾驶员驾驶一架当时颇负先进盛名的米格-25飞机逃到日本。经日美联合拆件检查，发现飞机上有些零部件从单个来看并不是最先进的，甚至比美国的落后得多，但飞机的爬高能力和飞行速度却是当时世界第一流的。这是由于制造者考虑的主要是整个系统的性能，而不在于某一零部件是否最佳。另一个例子是，日本一些专家在参观了美国阿波罗登月计划所采用的硬件设备和工艺后，认为并未超出日本的水平，但把这项有四十二万人参加的庞大计划作为一种系统的思维方式和整体上的科学管理技术，日本那时却远不如美国，因而在日本要进行这样一个计划是难以想象的。

这就是系统理论的应用实例。

二十世纪三十年代以来，社会生产力迅猛发展，特别是电子计算机的诞生和普遍应用，极大地提高了人类认识和改造客观世界的能力。一场以解放人类智力为标志的新的科学技术革命开始了，其规模、速度和深度是历史空前的。科学技术的发展出现了许多新的特点，突出表现为科学与技术的各门学科之间彼此渗透，紧密联系，既高度分化又高度综合，而综合则有占主导地位的趋势，改变了自近代科学产生以来，科学分化占主导地位的倾向。这种根本变革，客观上需要新的学科和新的科

学研究方法与之相适应。

第二次世界大战后，崭新的系统理论，就在这种条件下应运而生。它包括系统论、信息论、控制论等把对象作为系统来考察的理论。

系统论：这是美籍奥地利生物学家贝塔朗非创立的一门运用科学方法去考察一般系统的理论。所谓系统，就是互相依赖、互相作用的若干要素组成的有机整体。宇宙中包括人类社会中的宏观和微观方面，都是若干大小系统。适用于一切系统的原则和规律，称为一般系统论。系统论真正受到人们重视还是六十至七十年代的事。由于系统方法在研制原子弹的曼哈顿计划和阿波罗登月计划以及一系列巨大复杂的工程中的成功应用，使得国际上掀起一股“系统热”。目前系统论已成为一种新的方法论流派，活跃于国际学术界，成为西方科学哲学的主要流派之一。

信息论：这是美国贝尔电话研究所的数学家申农于 1948 年创立的一门通讯理论。它本来是应用数理统计方法来研究信息处理和信息传递的科学。它研究通讯和控制系统中普遍存在着的信息传递的共同规律，以及如何提高各信息传输系统的有效性和可靠性，可称之为狭义的信息论。近三十年来人们试图把信息论中的概念、原理、方法运用于生物学、心理学、医学、经济管理学、社会学等许多领域，可称为广义的信息论或信息科学。

控制论：这是美国数学家维纳在 1948 年创立的一门研究机器、生命和社会中控制和通讯的一般规律的科学。它是自动控制、电子技术、无线电通讯、神经生理学、生物学、心理学、医学、数理逻辑、统计力学等多种学科相互渗透的边缘学科，目前已有工程控制论、生物控制论、神经控制论、经济控

制论、社会控制论等，并正向纵横两个方向发展，即大系统理论和智能控制。

在这三门科学中，许多基本概念、基本思想、基本方法以至一些基本的数学表达式都类同。这绝非偶然，而是由于它们所研究的对象都离不开系统、信息、控制等基本概念。由于这些共同点，因此，把这三门学科作为一种科学方法论进行综合研究，已成为客观需要。我国科学家钱学森提出建立新的系统理论，使其成为系统科学连结马克思主义哲学的桥梁。这一意见引起学术界的高度重视。

系统理论运用系统的观点，揭示客观物质世界新的本质联系和运动规律，为现代科学技术的发展提供了新思路、新方法、新理论，沟通了自然科学与社会科学及哲学的联系。它立足于整体，如实地从完整的有机的复杂系统中去把握对象，使科学研究方法产生了质的飞跃。有人认为：系统论和控制论是继相对论和量子力学之后，又一次彻底地改变了世界的科学图景和当代科学家的思维方式。它在现代科学技术发展和科学管理，以及社会生产和管理中日益发挥着重大作用。对我国社会主义四个现代化的建设，无疑也有着非常重要的现实意义。

例如，农业即可看作一个有机整体，它是由农、林、牧、副、渔等要素组成的，它又是自然界生态系统的一个系统，它的发展要受到整个生态系统的制约。一个农业发展方案如果只从局部来看是合理的，而不考虑整体，结果往往导致比例关系失调，使整个系统遭到破坏。

我国科学家钱学森、张沁文曾倡导把系统理论运用到农业系统，建立农业系统工程。从整体上定量地分析其内部各要素之间的相互关系、相互作用。根据农业的多因素、多目标的需要，搞好综合性农业大系统各个组成部分之间以及整体与部

分之间的协调和综合平衡，找出最佳发展途径，取得最优的综合效果，这样，就会把我国农业的组织管理逐渐提高到现代化水平。

运用系统理论提供的方法，也可以把整个国民经济当作一个多因素的、动态的大系统，其中各部门内部，部门之间，都有着错综复杂的关系。以钢铁、煤炭、电力、石油、运输五大部门为例，它们之间在生产和分配上都存在着极其复杂的经济联系和技术联系。它们又是现代国民经济这一有机整体中的五个要素。它们的发展对国民经济有着重大影响。它们之间存在着一定的数量比例关系，其中任何一个部门的变化都会影响其它部门，以至影响整个大系统。在运用系统理论安排整个国民经济计划时，人们提出了“投入——产出”模型这一新方法。投入是生产性消耗，产出是产品的生产及其分配使用。各部门间在投入与产出上，形成复杂的网络系统。人们用一张投入——产出表反映各部门投入与产出的关系，指导整个国民经济计划的综合平衡。目前我国不少部门已结合我国社会主义经济计划工作的特点，运用这种方法，收到了明显效果。如制订某一能源基地建设的综合经济规划，就必须考虑因开发煤炭而引起的钢铁、运输、石油、电力、水资源等一系列的相关因素。开发出的煤靠铁路运输，而当铁路运输已达饱和时，应相应采取哪些措施？能否在当地发展坑口电站，把煤变成电输送出去？这又引起水资源缺乏的问题。如果把煤液化或气化再输送出去行不行？这又引起了技术经济效果的比较，这样做是否合算等一系列问题。还要考虑轻工业、农业的发展，城市人口的增加等等。处理这样复杂的问题，不运用系统理论是难以想象的。

目前，社会化大生产使社会活动出现了一系列新情况，因素多、变化快、决策正确与否，往往涉及的范围不是一个地

区，一个部门，而是全国性的，以至全球性的；不仅影响一时，甚至影响一代人以至几代人。因此，现代决策要求从经验提高到科学的水平。这就要求领导者懂得科学，尊重科学，掌握现代科学决策的理论和方法，按照科学决策的程序办事，善于使用专家咨询机构，在实践中把决策的经验系统化、理论化、科学化。系统理论则使实现科学决策成为可能。所谓决策，就是在一定条件下，对若干准备行动的方案进行选择，以期达到最佳目标。用系统理论来分析决策是一个动态过程，把决策过程中的每一步骤看作是一个要素，这些要素组成一个有机联系的整体——决策系统。其中包括：① 根据信息，找出急需解决的问题；② 确定必须达到和争取达到的目标；③ 进行系统综合，制定多种方案；④ 对方案进行系统分析，作出评价；⑤ 选择最佳方案；⑥ 用功能模拟方法在计算机上进行试验，如有问题，就逐环节地反馈回去，检查修正；⑦ 实施计划，同时加强控制，保证反馈回路畅通，出现意外要重新进行应变决策。这样，就可能避免重大决策的失误。

要强调的是，在系统理论中，信息的作用十分重要。一般认为，信息、材料、能量，是现代物质文明三要素，其中信息是决定性的。缺少信息或信息错误，即使增加材料和能量的投入，也可能无济于事。人类活动领域越大，需要的信息量就越大，当今，被形象地称为“情报爆炸时代”。掌握系统理论，有效地利用电子计算机，就可处理人脑难以处理的复杂纷纭的信息和问题，从而大大解放思维主体——人，更充分地发挥人的主观能动性。

（原载《瞭望》1983 年第 6 期）

辩证系统观的进化

魏 宏 森

一般系统论是美籍奥地利生物学家 L·V·贝塔朗非创立的一门逻辑和数学领域的科学，它的主要目的是企图确立适用于系统的一般原则。目前它正以一种时髦的方法论流派活跃于国际学术界，它已成为西方五大科学哲学流派之一，十分引人注目。许多国家都纷纷建立了专门机构，掀起了一股“系统”热潮。

我们从对它的简略的历史考察中认识到：系统论的产生决非偶然的一时时髦的产物，而是有着深远的历史、思想渊源和现代科学技术基础的。它的产生是经过古代——近代——现代的三个不同阶段，是从系统观逐渐发展到今天的系统论的，它的产生、发展是与人类辩证地认识客观世界分不开的，它是人类理论思维发展的必然产物。对此，它的创始者曾作过简略的历史考察，并指出：“正象科学与其它领域中的每一个新的观念一样，系统的概念也有一段漫长的历史。”^① 本文试图对系统观的进化作一简略的考察。

一、古代系统观的萌芽

作为一种系统的思想并以此去看待世界的系统观点，早在古代就有萌芽，这无论在中国或古希腊、古罗马的哲学著作中

① L·V·贝塔朗非《普通系统论的历史和现状》，见《科学学译文集》，科普出版社 1980 年版，第 305 页。

都可以找出证据。不过那时的系统思想、系统观是寓于朴素的唯物论和辩证法之中的，它是与秩序、整体、组织、相互联系等概念联系在一起的。

古希腊朴素辩证法的奠基人赫拉克利特（约公元前 540—480 年）在《论自然界》一书中说“世界是包括一切的整体”。他认为世界万物是在永不停息的火的变化中作有规律、有秩序的运动。“土死生水，水死生气，气死生火；反过来亦一样”。他把事物的规律、秩序称作“逻各斯”。古代原子论的创始人德谟克利特（公元前 460—370 年）对物质的结构作了探讨，认为一切事物都是由原子和空虚组成的。他还著有《世界大系统》一书，这是最早采用“系统”这个词的著作。唯心主义的代表人物柏拉图则以他的理想国方案表达了他的系统思想。他提出：理念世界是在“善”的理念统率下的一个等级系统。被马克思称为“古代最伟大的思想家”的亚里士多德的系统思想对系统论的形成有重大影响，贝塔朗菲说：“亚里士多德的世界观及其固有的整体论和目的论的观点就是这种宇宙秩序的一种表达方式。亚里士多德的论点‘整体大于它的各部分的总和’是基本的系统问题的一种表述，至今仍然正确……基本的系统问题至今尚未过时。”^① 亚里士多德提出用四因论来说明事物的生灭变化的原因，即一是质料因，指出事物由什么东西构成；二是形式因，说明事物具有什么形式结构；三是动力因，说明什么力量使一定的质料取得一定的形式结构；四是目的因，说明一事物形成的目的是什么。他的整体论、目的论、组织论和四因论是古代朴素的系统观点，系统思想的最高表达形式。他写的《工具篇》是人类历史上第一次把形式逻辑变成为系统的科学。它体现了丰富的系统思想。

① 同第六页注①

在我国古代，朴素的唯物论和辩证法中亦蕴涵着系统思想。我国最早成书的《易经》和《洪范》两篇著作中在宗教神学体系下透露出的朴素唯物论和辩证法观念里就包含了系统思想。《易经》中的八卦说是从人们经常接触的自然界中选取了八种东西作为说明世界上其它更多东西的根源。它们是天、地、雷、火、风、泽、水、山。其中天地是总根源，天地为父母，产生雷、火、风、泽、水、山六个子女。《洪范》中的五行说，把金、木、水、火、土这五种最基本的物质看成是构成世界万物的不可缺少的元素。这些十分朴素的万物生成的自然观中就包含了系统观点。

春秋战国时代的思想家老子（公元前 580—500）在《老子书》中指出：“天下万物生于有，有生于无”（二十五章），“无，名天地之始，有名万物之母”（第一章），“道生一、一生二、二生三、三生万物。万物抱阴而负阳……”（四十二章），他用有与无，始与母，一与二、阴与阳的对立统一关系来表达自然界的统一性，这里就包含了事物之间的相互联系、相互制约的关系。战国时代杰出的唯物主义思想家荀况（公元前 298—238 年）提出“列星随施、日月递炤、四时代御、阴阳大化、风雷博施、万物各得其和以生、各得其养以成”（天论）他把宇宙看作是由客观规律支配的统一体，认为“无”是列星、日月，四时阴阳、风雨、万物等等自然现象互相协调、互相作用、不断生成的功能系统（参见任继愈《中国哲学史》第一册第 210—211 页）。他还说“万物为道一偏，一物为万物一偏”（《天论》）即一物为万物的一部分，万物又是更大的道的一部分，这就指出了一事物与高一级事物之间、部分与整体之间的辩证关系。

北宋时王安石（公元 1021—1086 年）继承了《淮南子》

的世界构成说。他认为世界万物发展的顺序是：二气（阴阳）——五行——万物，这是一个逐渐展开的系统。他说，“夫太极者、五行之所由生”（《原性》），“天（阳）一生水”，“地（阴）二生火”，“天三生木”，“地四生金”，“天五生土”（同上），“五行，天所以命万物者也”（《洪范传》）。即认为自然物质世界（太极）、分化为天地（阴阳），再分化为水、火、木、金、土，由这五种物质元素的变化到成万事万物。

周敦颐（公元 1016—1073 年）提出了“太极图”（见图 1），论证世界本体及其形成发展的图式，建立了一套客观唯心主义的本体论，他在《太极图说》中指出：“无极而太极。太极动而生阳，动极而静，静而生阴。静极复动。一动一静，互为其根。分阴分阳，两仪立焉。阳变阴合而生水火木金土，五气顺布、四时行焉。五行一阴阳也，阴阳一太极也，太极本无极也。五行之生也，各一其性。无极之真，二（两仪）五（五行）之精、妙合而二凝。‘乾道成男，坤道成女’。二气交感、化生万物，万物生生而变化无穷。”他的太极图及其解释，实际上是从唯心主义的角度提出了一个描述世界的构成和发展的系统模型。

邵雍（公元 1011—1077 年）与周敦颐是同时代人，也是客观唯心主义者。他创立了系统的唯心主义象数体系，提出了所谓

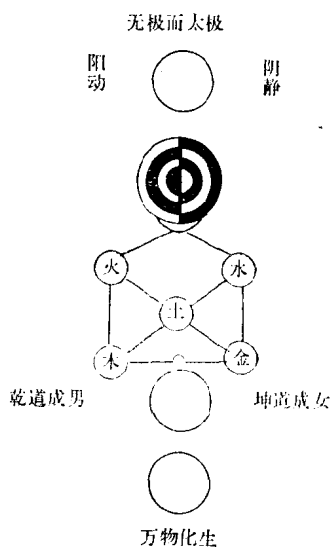


图 1

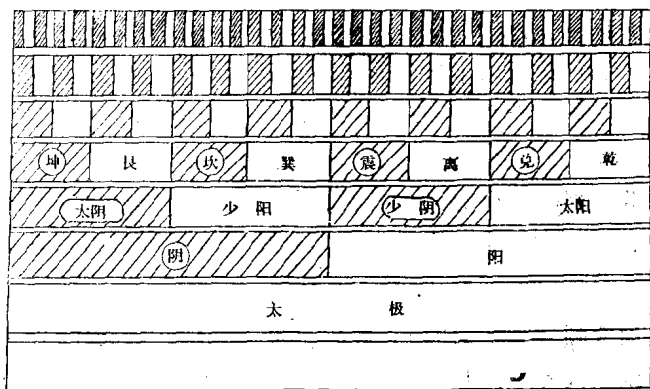


图 2 邵雍六十四卦次序之图

《天图》(见图 2) 作为解释宇宙发生的系统模式。他认为世界上的万事万物都是由一个总的本体“太极”演化出来的。太极演为两仪，两仪演为四象，四演为八，八演为十六，十六演为三十二，三十二演为六十四。这种演化的过程，他认为好象“根之有干，干之有枝，枝之有叶”，“合之斯为一，衍之斯为万”(《观物外篇》)。这里的两仪(动“—”、静“--”)，四象(阴阳刚柔即“—”“--”“—”“--”)、八卦(太阳、太阴、少阳、少阴、太柔、太刚、少柔、少刚，即“☰”“☷”“☱”“☶”“☲”“☵”“☴”“☳”)，是“象”。与这些象相适应的一、二、四、八、十六、三十二、六十四是数。他就用这种一演为二，二演为四、四演为八，八演为十六……的简单的“加一倍法”(见图 2)，推演出一个神秘的数的系统，用它来说明宇宙形成，他的这种先假定有一个先于世界而存在的太极世界，然后任凭主观想象一层一层分下来，虽只是一个不符合客观实际的猜想，但却提出了一个分层次地认识

客观世界的系统模式。

南宋唯物主义者陈亮(公元 1143—1194 年)从整体的角度说明理一分殊的关系就是部分与整体的关系。他认为理一分殊的理一是天地万物的理的整体,分殊是这个整体中每一事物的功能。整体的理必须是各部分功能的总和,这就是说,全体只能是部分组成的全体。他还用耳目鼻口与人的全部身体关系来说明理一分殊的意义。他说:“尝试观诸其身耳目鼻口、肢体脉络、森然有成列而不乱、定其分于一体也。一处有阙、岂惟失其用,而体固不完矣。是理一而分殊之说也、是推理存义之实也。”这就生动地从整体角度论述了部分与整体的关系。

在我国古代不仅自发地应用系统概念考察自然现象,而且还用这种观点去改造自然,因此系统概念、系统观的产生是人类生产实践和社会实践的直接产物。

战国时(公元前 250 年)秦国太守李冰父子主持修建都江堰水利工程就是生动的例证。都江堰由“鱼嘴”岷江分水工程、“飞沙堰”分洪排沙工程、“宝瓶口”引水工程三项巧妙结合而成,这三个主体工程与 120 个附属渠堰工程形成相互联结的有机整体,缺一不可,没有“鱼嘴”工程就不可能把大量沙石排入外江;没有“宝瓶口”的束水作用和“宝瓶口”附属部分,“离堆的顶托就不会形成回旋流,泥沙就过不了“飞沙堰”;而没有“飞沙堰”,“宝瓶口”就会被沙石阻塞,内江之水就无法流入成都平原。正因为都江堰这个整体发挥了三个独立部分所发挥不了的作用,所以才能分导汹涌的岷江急流,使它驯服地灌溉十四个县五百多万亩农田,都江堰的规划、设计、施工的科学水平和创见,用今天系统方法来衡量也毫无逊色。

宋代沈括在《梦溪笔谈》里记载了一个“一举而三役济”的

例子，也是系统思想运用的例证。北宋皇宫被焚，皇帝令大臣丁谓限期重建，丁谓经过实地勘察，把工程作为一个整体来加以计划，提出最优建筑方案，在皇城前大道上挖土烧砖备料，形成河道后引进汴水；然后用船把建筑材料运入工地；皇宫建好后，用工程遗留下的碎砖废土填塞河道，修复原来的大道。三个环节环环紧扣，缺一不可。纵观全过程，可以分为挖沟（取土）→引水入沟（运入建筑材料）→填沟（处理垃圾、修复大道）三个互相衔接的阶段，结果“省费以亿万计”，又快又好地完成了重建皇宫的任务。

此外，明代铸造大铜钟采用的“群炉汇流法”和“连续浇铸法”从整体上进行全面安排、分级调度，同样也体现了系统思想。

我国古代医学经典《黄帝内经》是周秦以来到西汉初年古代医学的总集，它包含了丰富的唯物主义观点和辩证法思想，亦蕴藏了系统观点和系统方法。它把人的身体结构看做是自然界的一个组成部分，认为人的养生规律和自然界的规律密切相关，提出了“天人相应”的医疗原则，主张把生理现象与自然现象相结合来医疗疾病。它还把自然现象、生理现象、精神活动三者结合起来考察疾病的根源。它认为人体是各部分器官有机联系起来的一个整体，并用阴阳五行学说来说明五脏之间相互依存、相互制约的关系。这种从整体出发来看人体内脏之间的辩证关系就是系统观点。中医学中天人相应理论、脏腑学说、经络学说、五行学说、阴阳学说都是从系统观点来研究人体和疾病的，充满了系统思想。

由此可见，无论从理论还是实践来看，我国古代对系统观、系统方法都有独特贡献。这已引起国外学者的重视，耗散结构创始人普里高津说得好：“中国传统的学术思想是着重于