



系统科学 方法论导论

魏宏森

人民出版社

076600



科工委学院802 2 0006285 8

系统科学方法论导论

魏宏森



人民出版社

封面设计：马少展

系统科学方法论导论

XITONG KEXUE FANGFALUN DAOLUN

魏宏森

人民出版社出版 新华书店发行

北京水泥印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 5.75印张 124,000字

1983年7月第1版 1985年12月北京第3次印刷

印数 44,501—54,500

书号 2901·233 定价 0.96元

BF 49/09

序

系统理论（包括系统论、信息论、控制论）和系统工程以及电子计算机，是第二次世界大战以后几乎同时崛起的一组新兴科学技术。为了结合我国具体情况，适应广大科技工作者和管理干部学习的要求，以及自然辩证法教学工作的需要，在学习的基础上，作者自 1978 年初开始试图运用辩证唯物主义观点，做一点自然科学与社会科学结合的工作，将这些学科有机地加以综合，把这些学科中的一些普遍适用的思想、概念和方法，提高到一般科学方法论的高度，普遍推广到现代科学的研究和科学管理中去。在教育部组织的《自然辩证法讲义》编写组同志们的帮助下，作者将点滴体会编入了该书科学方法论中。1980 年 11 月在全国第一次科学方法论学术讨论会上，作者又提出建立系统科学方法论的初步设想。自 1981 年初开始，在北京市科协热情鼓励和支持下，先后在不同场合向近万名科技人员、管理干部进行了宣讲普及。这本小册子就是在这些工作的基础上形成的一个讲稿，很不成熟，许多观点阐述不够充分，有些甚至是错误的，由于各方要求，只好略加整理编排出版，以供参考，不妥之处欢迎批评指正。

在编写过程中吸取和引用了国内外许多学者的研究成果和资料，亦曾得到中国科学院、中国社会科学院、国防科委、军事科学院、首都高等院校、中国科协以及北京市科学

学研究会和系统、信息、控制科学研究会筹委会等单位许多热心同志的支持和帮助，在此表示感谢。对人民出版社编辑同志的促进和努力亦表示感谢。

作者 1982年7月于清华园

引 言

早在本世纪初,列宁就指出:自然科学正在曲折地、自发地“走向唯一正确的方法和唯一正确的自然科学的哲学”。他还说:“现代物理学……正在产生辩证唯物主义。”^①二十世纪自然科学和技术发展的历史生动地证明了这一预见。特别是近三十年来,人类认识自然和改造自然的能力空前提高,现代科学技术一系列惊人发现和发明,使社会生产力迅猛发展,并对社会生活各个方面产生了深刻影响,开始了一场意义更为深远的科学技术革命,其规模、速度和深度都是历史上任何一次所不能比拟的。这场革命的重要标志之一,是解放人类的智力,而以往则主要围绕解放人们的体力。电子计算机的诞生为达到这一目标迈出了可喜的一步,实现了部分脑力劳动机械化和自动化,初步解放了人脑,极大地提高了脑器官在认识和改造客观世界中的作用,提高了人类对自然界的控制能力。同时,对当代科学技术的发展和人们的思维方法产生了深远的影响。以往四百多年来,科学技术发展趋势是科学分化占主导地位,而现代科学革命与技术革命综合则有占主导地位的趋向。科学与技术,各门学科之间彼此渗透、紧密联系,既高度分化又高度综合。而且分化反成为综合的一种表现形式。这种既高度分化又高度综合的一致性,使科学形成了统一

^① 列宁:《唯物主义与经验批判主义》,人民出版社1971年版,第313页。

完整的科学体系，形成一些共同的语言、概念和方法，彼此相互促进，使每一门学科只有在整个科学体系的相互联系中才能得到发展，从而导致了现代科学发展的整体化趋向。现代科学革命和技术革命的内容和特点的这种根本变化，客观上需要一些不同于传统方法的新的科学研究方法与之相适应。它迫使自然科学家接受唯物辩证法，寻求认识和改造客观世界的新方法。战后崭新的系统理论的崛起，如控制论、信息论、系统论(以下简称“三论”)等从不同侧面揭示了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，沟通了自然科学与社会科学的联系。它使人们摆脱了传统方法的束缚，摒弃那种把本来是运动着的，活的有机体的动态问题，看成是静止的，孤立的，死的东西；把某些明明是复杂系统硬分解为互不联系的简单系统，企图用简单系统来解释复杂系统的习惯。它如实地把对象视为完整的有机体和复杂系统，找到了解决具有行为目的的通讯系统和控制系统以及复杂系统的方法；成功地把定量分析的方法引入迄今盛行的只进行定性考察的学科中，使科学研究方法产生了质的飞跃。有人认为，控制论和系统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”。^①这种方法在现代科学技术的研究中日益发挥出重大作用，适应了科学研究从实际事物水平上升到复杂的系统水平的客观需要，为丰富、发展辩证唯物主义提供了大量素材。它又一次生动地证明：唯物辩证法是唯一适合于现代科学发展的思维方式。然而，值得注意的是国内对“三论”的方法论作用、意义以及在方法论研究中的地位远远没有引起

^① 《哲学译丛》1979年第1期，第49页。

足够的重视。本书试图把“三论”作为一组系统理论，从它们产生的历史考察中，阐明它们产生的背景，以及它们所具有的方法论性质和在方法论研究中的地位；从对它们的内容介绍中，阐明系统、信息、控制的概念之间和系统论与信息论、控制论之间的内在联系，并进一步提出建立以系统理论为基础的现代科学方法论——系统科学方法论的初步设想，着重介绍系统科学方法论的基本特征和基本方法，及其在现代科学技术发展和我国“四化”建设中的意义与作用。最后试图就系统理论与马克思主义哲学的关系进行初步探讨。

目 录

序

引 言

第一章 现代系统理论产生的历史条件	(1)
第一节 现代科学革命与技术革命发展的客观要求	(1)
第二节 科学方法论发展的必然结果	(6)
第三节 第二次世界大战的迫切需要	(7)
第二章 一般系统理论——系统论的产生与发展	(8)
第一节 从系统观到系统论的进化	(8)
第二节 现代系统论的发展	(26)
第三章 通讯系统理论——信息论的产生与发展	(36)
第一节 申农信息论的创立	(36)
第二节 信息论的发展	(40)
第三节 信息论向信息科学发展的趋向	(43)
第四章 控制系统理论——控制论的产生与发展	(46)
第一节 控制论的创立过程及发展情况	(43)
第二节 控制论产生的启示	(51)
第五章 系统论与信息论、控制论之间的关系及发展趋势	(53)
第一节 系统论与信息论、控制论之间的相互关系	(53)

第二节	系统论与信息论、控制论的 发展趋势·····	(55)
第六章	系统科学方法论的基本内容与基本特征 ·····	(59)
第一节	系统科学方法论的基本内容·····	(59)
第二节	系统科学方法论的基本特征·····	(64)
第七章	系统方法 ·····	(71)
第一节	系统与系统方法·····	(71)
第二节	系统方法的步骤·····	(78)
第三节	系统方法在科学研究和 科学管理中的作用及意义·····	(81)
第八章	信息方法 ·····	(102)
第一节	信息概念与信息方法·····	(102)
第二节	信息方法的作用·····	(106)
第九章	反馈方法 ·····	(131)
第一节	反馈与反馈方法·····	(131)
第二节	反馈方法在现代化科学研究 与科学管理中的作用·····	(136)
第十章	功能模拟法 ·····	(143)
第一节	功能模拟法及其特点·····	(143)
第二节	功能模拟法在现代科学技术 研究中的作用·····	(145)
第十一章	系统理论与马克思主义哲学辩证唯物主 义的关系 ·····	(155)

第一章

现代系统理论产生的历史条件

本世纪四十年代末，几乎同时产生了许多把对象作为系统来考察的系统理论，特别是以一般系统为对象进行研究的系统论，以通讯系统为对象的信息论，以及以控制系统为研究对象的控制论等的创立，对当代科学技术的发展和当代科学家的思维方式产生了重大影响。那么产生这些理论的原因是什么呢？

第一节 现代科学革命与技术 革命发展的客观要求

假如说第一次科学革命是从1670年开始至1740年结束，接着就发生了第一次工业革命。那么可以说，从本世纪三十年代开始，接着四十年代中电子计算机的诞生标志着第二次工业革命的兴起。我们只有从这两次科学技术革命的对比中才能真正理解“三论”是现代科学技术革命的必然产物。

大家知道第一次科学革命是发生在人类社会由农业社会向工业社会转变的关键时期，新生的资本主义有力地推动社会生产力的发展，它使得自然赋予人的体力的局限性很快地暴露了出来。生产力的发展迫切需要有新的原动力来克服人力畜力的限制，因而，为新的动力系统的产生、利用寻求新的理论基础，就成了第一次科学革命的中心课题，它的主要目

的是要突破人的体力的局限性。

牛顿经典物理学理论体系的建立，以及在在这一理论影响下建立的整个自然科学体系是这一次科学革命的主要理论成果。它的主要物质成果是蒸汽机。1768年蒸汽机的使用标志着人类历史上第一次工业革命的开始。二百多年来各种能源的开发利用和各种动力机械的发明，只不过是这场工业革命向纵深发展的里程碑。动力机和工作机的结合，使人的部分体力劳动实现了机械化，人类开始从繁重的体力劳动中解放出来，大大增强了改造自然的能力，为人类社会带来了现代物质文明。

本世纪三十年代以来在科学与技术的发展中出现了许多前所未有的新变化。例如：

1. 人们作用于客观劳动对象的方式发生了变革。

从前人是通过工具（或工作机）作用于劳动对象，经过第一次工业革命，人对劳动对象的作用则是通过动力机——传动机——工作机来完成的。这时机械化程度提高了，人看管的机器增多了，机器运转速度也加快了，靠人的精力和体力难以完成操纵大机器的生产任务。对机器系统实行操作管理的需要，又推动人们在主体作用于劳动对象的机器系统中增加新的机器——控制机。从简单的控制到电子计算机控制；同时在许多人类无法到达或工作的地方需要有智能机器代替人去实现对动力机、传动机、工作机的控制，以便作用于劳动对象。随着社会生产的发展，人们对劳动对象的作用需要许多机械系统联合操作才能完成，随着电子计算机在生产中的广泛应用形成了许多人—机系统。

2. 信息在社会物质生产和人类生活中显示了越来越大的作用，解放脑力已成为刻不容缓的任务。

材料、能量、信息是组成社会物质文明的三大要素。自从人类发明了冶炼技术特别是炼铁以来，材料已不是社会生产力发展的主要矛盾。第一次科学革命时影响社会生产力发展的主要因素是缺乏强大的动力，因此能量被提到首要位置。这时期机器虽然功率越来越大，但其中信息处理是极简单的，社会生活和生产管理中的信息处理亦不复杂，人们还不十分体会信息在人类生活中的作用与地位。但到了本世纪三十年代以后，情况发生了很大的变化。在许多情况下光靠增加机器的功率已不能解决问题。信息处理问题日益尖锐的提了出来，成了社会生产发展的主要矛盾，出现了诸如“情报爆炸”、通讯、图象信息的自动处理和识别、对自动化系统特别是大系统的控制、宇宙航行和许多军事系统中的控制等等问题。这些都说明随着人类活动领域的日益扩大和研究问题的深入，信息的作用也越来越显著。以往那些原来只依靠人的脑力来进行信息处理的工作方式已不能适应，于是，自然赋予人的脑力的局限性暴露出来了，突破人脑的局限性已成为刻不容缓的任务。

3. 科学与生产技术相互关系发生了重大变化，科学、技术、生产相互渗透逐渐形成了统一的有机整体。

在第一次科学革命与技术革命中，反映认识客观世界的运动规律的科学进步与反映生产技术不断完善的技术进步，这二者之间是平行发展的，有时是相互交错相互影响的，但并未有机地联系起来。现代科学技术革命就不同了，一方面，科学革命依赖于技术，要求为科学研究提供先进的技术装备和强大的工业基础，这就常常使科学试验单位、研究机构直接同生产单位合并，越来越多的科学试验性研制工作直接在大企业和生产领域中实现。另一方面，生产技术的重大突破往往

必须在科学理论的直接指导下才能发生，科研的成果直接体现在生产产品之中。科学变成了直接的生产力，由科学——技术——生产组成的大系统、复杂系统日益成为科学本身考察的对象。有些复杂系统甚至包括了社会系统在内。为了实现对系统的有效控制，就要求人们不能满足于搞清系统中某件事物的运动规律或停留在系统的经验的、定性的描述上，而要定量地、精确地揭示整个系统的运动规律。

4. 现代科学技术理论发展出现了整体化趋向。

人们都知道，科学是以理论形态出现的，是关于客体的系统化了的的知识。理论的作用不仅把被认识的客体的知识整理为体系，更重要的是这种体系还要为获得新知识开辟道路。由于人们在各个不同时期对事物认识的深度和广度不同，理论所反映的对象不同、角度不同、描述的方式方法也不同。因此，形成科学理论的多样性，不仅不同客体有不同理论，就是对于同一客体也存在几种不同的理论。能否用一些新的概念、原则在更高层次上对现有理论进行综合概括，以至形成统一的、完整的理论体系呢？这就是现代科学本身发展的客观要求。三十年代以后这种客观要求更为明显。当时法国的布尔巴基学派提出了结构概念，试图把数学的核心部分在这一概念上统一起来。美国的麦克莱思与艾伦伯格又提出范畴与函子理论，作为统一数学的基础。爱因斯坦把后半生献给了引力理论与电磁理论的统一场论的研究……这些都反映了科学发展的整体化趋向。近来这种趋向更为明显，已取得了一些可喜的成果，并且由于自然科学与社会科学的相互渗透，出现了整个科学体系的整体化趋向。

5. 科学管理问题显得更为突出。

随着人类实践活动对客观世界作用能力的日益增强，如

何最佳地组织和利用人力、资源、资金以维持人类活动生存空间的最优环境；如何管理好社会，使其维持稳定，尽可能减少不必要的损失；如何组织管理企业和科学研究机构，以期获得最佳成果……这类问题已成为全国性的，以甚至是国际性的问题。它的规模之大、人数之多、科学技术问题之复杂程度、影响因素之随机性都是前所未有的，传统的管理理论、组织形式、方法、手段都已很不适应现代化管理的需要。科学管理成了能否使社会集体劳动生产能力得到充分发挥的关键。

把这些变化与第一次科学和技术革命进行比较，我们对第二次科学和技术革命可以得到以下几点认识：

（1）这次科学和技术革命的目的是突破人的脑力的局限性，为高效率信息处理系统的产生、控制和利用寻找理论基础和物质技术条件。

（2）这次科学和技术革命的核心问题是信息以及信息系统的建立，它的物质成果是电子计算机以及各种智能机器及其控制下的各种大系统和复杂系统。

（3）这次科学和技术革命的理论成果，将是信息科学、智能科学与系统科学的建立以及有利于科学理论整体化学说的形成。

（4）这次科学技术革命将使人的部分脑力劳动实现机械化和自动化，将对人类社会的发展产生巨大的影响。假如说第一次工业革命引起的社会后果是完成农业社会向工业社会的转变的话，那么这次革命将使机械化——工业社会向更高形态的信息化——工业社会过渡。

作为现代系统理论形态的控制论、信息论、系统论就是在这样的背景下应运而生的，因此它是第二次科学技术革命的必然产物，是这次革命的第一批重要理论成果。由于这些学

科充分体现了这次革命的特点和要求，为实现这次革命目的提供了科学的手段和方法，所以它反过来又极大地推动了科学技术革命的深入发展。

第二节 科学方法论发展的必然结果

每当科学发展到一个新的阶段，总会伴随着一种与之相适应的新的方法的出现，从而推动科学技术进一步发展。如果说人类认识自然经历了辩证的途径，那么同样，人类认识和改造自然的方法也相应地有了辩证发展的过程。在科学不发达的古代，人们主要是从整体上去认识客观世界，他们的自然观带有自发唯物论和朴素辩证法性质。在科学开始发达的近代，人们主要是从各个部分孤立地、静止地、片面地认识客观世界，他们的自然观具有机械唯物论和形而上学性质。到了科学发达的现代，要求人们从事物的相互联系，相互转化的发展进程去认识客观世界，这种自然观具有辩证唯物论性质。与此相适应，科学方法论的发展亦经历了古代、近代、现代三个阶段。这三个阶段，分别具有整体（系统）、部分和整体（系统）的特点，或者说具有综合、分析和综合的性质。

应该指出，古代所谓的整体、系统和综合，带有很大的直观性和模糊性。随着近代科学的发展，通过分析研究，逐渐从各个细节上对客观事物有了较深入的认识。到了现代，特别是二十世纪三十年代以来，自然科学向微观和宏观两个方面纵深发展，科学分化越来越细，同时，科学综合又越来越显著。科学技术发展到一个新的更高级的综合阶段。这就不仅揭示了事物之间的纵向联系，而且揭示了事物之间的横向联系。现在，人类已经进入了以控制论、信息论、系统论等现代科学

方法来揭示自然界的清晰图景的时代。恩格斯说过：“我们现在不仅能够指出自然界中各个领域内的过程之间的联系，而且总的说来也能指出各个领域之间的联系了，这样，我们就能够依靠经验自然科学本身所提供的事实，以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画。”^①由此可见，系统论、信息论、控制论所提供的现代科学方法，正为精确地描绘这幅自然界的清晰图景提供一种有效的方法。

第三节 第二次世界大战的迫切需要

第二次大战中军事上的需要，直接刺激了自然科学的发展，“三论”的产生与这次战争直接有关。战争期间，双方都希望采用最先进的科学技术，在最短的时间内，集中最大的力量，最有效地利用人力、物力、财力取得战争的胜利。当时为了反对法西斯，防御德国的空袭，组织科学家发展雷达系统、防空自动控制火炮系统、通讯网络系统以及把仪器、观察者与通讯网络、雷达和观察站的配置作为统一的系统来加以研究。另外还组织了原子弹的研制工作。这些都为“三论”的产生创造了条件。

^① 恩格斯：《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》人民出版社1972年版，第36—37页。