

自然科学方法研究(Ⅱ)

袁运开 主编

ZIRAN KEXUE FANGFAYANJIU

华东师范大学出版社

自然科学方法研究(II)

袁运开 主编

华东师范大学出版社出版发行

(上海中山北路3663号)

新华书店上海发行所经销 张家港市印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 10 字数: 260千字

1990年6月第一版 1990年6月第一次印刷

印数: 01—3,000本

ISBN7-5617-0470-4/N·020 定价: 5.20元

序 言

自然科学方法的研究,由于对推动科学研究具有明显的作用,因而一直受到人们的重视。从目前国内这方面的研究状况看,已经做了大量有益的工作,但还有不足之处,如讲具体方法多,“论”得还较少;单一地谈论方法多;系统进行综合研究少;研究的路子偏重于形式逻辑的多,注意辩证逻辑的少。有鉴于此,进一步深入进行这一领域的探索,把方法论的研究推向新的高度,显然是一项很有意义的工作。

我们受上海市哲学、社会科学规划领导小组的委托,承担了“自然科学方法研究”这个课题,力求以近现代科学发展的史实为基础,以著名科学家、重要学派、基础学科为主要线索,通过对某一领域、某一学科、某一学派、某一学者在研究过程中所使用的科学方法的剖析,理出各类方法在各种科学研究中运用的规律性,并努力从个别、特殊中抽象出一般,由论方法逐步上升到方法论的高度。在编写的整个过程中,力求以马克思主义哲学为指导来进行分析与探索。作为研究工作的第一步,我们主要完成了有关数、理、化、生、地、史等学科的十四篇单篇论文和“系统·信息·控制”专册的编著。前者作为《自然科学方法研究》论丛的第一册,它汇集了前面讲的各篇论文,其具体内容在这一册的《自然科学方法研究引论》中已作了概述,兹不再赘言。后者作为论丛的第二册,较全面地介绍了系统科学(系统论、信息论、控制论、系统工程等)的基本概念、理论、方法及有关哲学问题。对非生命系统、生命系统、社会系统、认识系统等特殊而重要的系统作了专门论述;对目前有争议、无定论的问题也作了一些探讨。论丛的第三册主要是有关遗传学、分子生物学等的研究方法,目前正在编写中。第四册则将

边缘科学、新兴技术科学研究方法为主要内容。

论丛全书由袁运开主编，第一册参加执笔的有袁运开、胡瑶光、张莫宙、缪克成、罗祖德、朱伟、盛根玉、王耀发、吴以义、张沁源、王顺义和杨泰俊。负责第二册编著的有李继宗、朴昌根、陈忠、王顺义等同志。由于作者都是利用业余时间进行工作的，时间上的不够充裕和作者水平的限制，本书只能说是初步实现了部分初衷，为以后的系统工作开了个头，缺点、错误一定不少，恳请读者不吝指教。我们希望本论丛的出版能起到抛砖引玉的作用，同时对大学生、研究生、科学工作者乃至各级干部在提高科学素养、提供方法借鉴等方面能有所助益，在为马克思主义哲学积累材料方面也能起到点滴作用。

袁运开于华东师范大学

1987年4月

本书是《马克思主义哲学与自然科学》论丛的第二册，由袁运开主编，李继宗、朴昌根、陈忠、王顺义等同志编著。本书共分五章，第一章为绪论，第二章为科学方法论，第三章为科学史，第四章为科学哲学，第五章为科学社会学。本书力求做到观点正确、材料丰富、论证严密、行文流畅。本书可作为高等院校哲学系、社会科学系、自然科学系、社会科学系、马克思主义哲学专业、哲学专业、科学史专业、科学哲学专业、科学社会学专业的教材，也可供从事哲学、社会科学、自然科学工作的同志参考。

前 言

近年来,所谓“三论”即系统论、控制论和信息论,几乎成了最时髦的学科,从自然科学到社会科学,从工程技术到文学艺术,从政治领域到日常生活,到处都可以看到“三论”的理论、思想和方法在发挥作用,以至于形成了一个势头不小的学习、研究和应用系统科学的“系统热”。这种“热”不是坏事,而是好事,它表明人们对现代科学技术的重视和渴求;表明人们从实际经验中认识到系统科学的方法论意义,并力图在实践中加以应用。现在,社会上许多党政干部、科技人员、教师、大学生以及广大青年等等,都对系统论、控制论和信息论的理论、思想和方法发生了兴趣,希望能够系统地学习、掌握一些这个领域的基础知识和基本方法。为了适应这种形势的需要,我们编写了这本书。

本书着重从方法论角度向读者介绍有关系统论、控制论、信息论的基本概念、原理和方法。在编写的过程中,我们力求使书稿的科学性、思想性和知识性完美和谐地统一起来,作到思想新颖、内容丰富、语言通俗、引人入胜、富有启迪。但是,达到这个要求不是轻而易举的。由于作者水平的限制,和写作风格不易统一,难免有不足甚至错误之处。我们恳切希望广大读者提出意见和批评。

本书写作过程中,参考了国内外有关专家、学者的论文和著作,吸取了他们的某些思想成果,在此表示感谢。

本书从编写到出版,都是在“自然科学方法研究”丛书主编、华东师范大学校长袁运开教授的主持和关怀下进行的,最后他审阅了全稿。此外,我们还得到了华东师范大学出版社同志们的大力协助和配合,在此,也向他们表示衷心感谢。

参加本书编写的人员如下(以姓氏笔划为序):王顺义(第一

篇第三章,第三篇第二章第二节)、朴昌根(第一篇第一章第一、二节,第二篇第二章,第三篇第一章第一节,第三篇第二章第一、三、四、五、六节)、陈忠(第一篇第一章第三节,第二章,第三篇第二章第七节)、苏文品(第一篇第一章第四节部分)、李继宗(前言,导言,第一篇第一章第四节部分,第三篇第一章第二节)、郑吉林(第二篇第三章)、黄为民(第三篇第三章)、詹克明(第二篇第一章)、谭玉林(第二篇第四章)。全书由王顺义、朴昌根、陈忠、李继宗负责统稿。

本书在编写过程中,得到了许多同志的帮助,特别是王顺义、朴昌根、陈忠、李继宗等同志,他们不仅提供了大量的资料,而且对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议。此外,还有许多同志在百忙之中,为本书的编写提供了许多帮助,在此一并表示感谢。

本书在编写过程中,得到了许多同志的帮助,特别是王顺义、朴昌根、陈忠、李继宗等同志,他们不仅提供了大量的资料,而且对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议。此外,还有许多同志在百忙之中,为本书的编写提供了许多帮助,在此一并表示感谢。

目 录

导 言	(1)
-----------	-----

第一篇 系统科学的一般理论

第一章 一般系统论基础	(15)
第一节 基本概念	(15)
第二节 基本性质	(28)
第三节 系统进化	(42)
第四节 系统论的哲学问题	(67)
第二章 信息论基础	(73)
第一节 信息理论及其发展简况	(73)
第二节 信息系统与信息过程	(86)
第三节 信息量度	(97)
第四节 信息系统的基本参数	(106)
第五节 编码理论	(111)
第三章 控制论基础	(123)
第一节 适应、调节、反馈的概念	(123)
第二节 自稳现象和自稳控制	(127)
第三节 自组现象和自组控制	(135)
第四节 人工智能系统	(140)

第二篇 特殊系统论

第一章 非生命系统	(149)
第一节 具有不同物理量级的多层次非生命系统	(149)
第二节 各层次非生命系统具有不同的运动形式	(155)
第三节 物质系统由不同层次的要素单元体组成	(157)
第四节 非生命系统的演化	(159)
第五节 各层次非生命系统间的联系	(164)

第二章 生命系统	(168)
第一节 什么是生命系统?	(168)
第二节 生命系统的七个子层次	(170)
第三节 生命系统的十九个分系统	(174)
第四节 层次一分系统表	(176)
第五节 一般生命系统理论的应用	(179)
第六节 对生命系统理论的评述	(180)
第三章 认识系统	(183)
第一节 认识系统的要素和结构	(183)
第二节 认识系统的发生和发展	(190)
第三节 知识进步的演化模式	(193)
第四章 社会系统	(198)
第一节 社会系统	(198)
第二节 社会系统的控制	(207)

第三篇 系统方法论

第一章 系统方法	(217)
第一节 系统方法是什么	(217)
第二节 系统方法的基本原则	(227)
第二章 若干系统方法理论	(235)
第一节 模型方法	(235)
第二节 黑箱方法和系统辨识	(239)
第三节 灰色系统理论	(245)
第四节 模糊系统理论	(249)
第五节 系统动力学	(254)
第六节 大系统理论	(258)
第七节 蒙特卡洛方法	(263)
第三章 系统工程方法论	(268)
第一节 系统目标的确定	(272)
第二节 寻找系统方案	(283)
第三节 选择最优方案	(296)

导 言

本世纪 40 年代以来是科学技术突飞猛进的时代,也是人类历史发生巨大变革的时代。人们用各种名称来称呼这个时代:科学技术革命的时代,原子能时代,电子时代,信息时代,系统时代等等。所有这些名称表明它同 16、17 世纪科学革命以来的机器时代不同。机器时代曾为人类贡献了纺织机、蒸汽机和车床;生产的机械化是机器时代的主要标志。而 20 世纪以来,随着电子工业的发展,到 40 年代逐渐引起了一场新的技术革命。

与过去不同,新技术革命的实质是人们作用于劳动对象的方式发生了变革。过去人们是通过动力机、传动机和工作机所形成的机器组合作用于劳动对象的,现在,在机器的三个组成部分之外又创造了控制机,把原属于人脑的智力工作也部分地转移到机器上去了。而信息的运动又成为控制机活动的核心,可以说信息与控制是新技术革命时代的主要特征。正如维纳在他的《控制论》中所说的,如果 17 世纪和 18 世纪初叶是钟表的时代,18 世纪末叶和 19 世纪是蒸汽机的时代,那么现在就是通讯和控制的年代。电工学上曾有过一次分裂,德国人把它叫作强电流技术和弱电流技术之间的分裂,我们知道这就是动力工程学和通讯工程学的划分。正是这个分裂把过去的年代和我们现代生活着的时代区分开来。从强电流技术到弱电流技术,从动力工程学到通讯工程学,这正是现代科学技术革命的主流和趋势。这场革命产生了微电子、光导纤维、激光、分子合成、生物工程、机器人等新技术和一系列新兴的学科。以系统及其机理为研究对象的,包括控制论、信息论、系统工程和一般系统论在内的系统科学,就是在这种条件下产生的。

(一)

系统科学的产生有技术发展的基础，也有其科学思想发展的背景。

近代科学诞生以来，占统治地位达三个世纪之久的科学思想，是经典力学的机械决定论，它构造了一个封闭的、简单的宇宙模式，其中所有事物都是精确地依据规律而发生着。这是一个细致而严密地组织起来的、其中全部未来事件都严格地取决于全部过去事件的宇宙模式。在这种宇宙模式和宇宙观的支配下，科学的唯一目的就是对象体进行精细的解剖，从部分直接引出整体的性质。而受整体相互作用制约的那些性质、层次之间的联系和转化，却在研究者的视野之外。19世纪自然科学向辩证法的复归，主要是破除了自然界绝对不变的见解。然而，19世纪科学仍然是经典科学发展的继续，自然科学的综合化主要限于科学内部的统一，对科学世界图景的认识，对联系和发展的探索仍未超出机械决定论的框架。

从19世纪后期起，随着人类认识领域的不断扩展，自然科学研究进入到由大量元素组成的具有大量自由度的复杂体系。由于构成这种体系的元素数量庞大，它们呈现出复杂的随机运动；相邻元素之间、元素和整体之间都缺少不变的联系。在这种情况下，经典力学显得无能为力了。这不仅因为它难以对付系统固有的复杂性，更重要的是这种复杂性导致了事物的变化——即使精确地确定粒子的全部轨道和它们之间的相互作用力，也不能给我们提供整体知识。统计规律的发现是一种根本性的突破。它揭示了层次之间的联系，宏观热力学问题可以从微观分子的相互作用中得到解释。通过对大量元素行为的统计处理，使人们看到大量不能作出详尽预测的复杂因素，却表现出十分确定的整体规律。这种整体的性质——元素的密度、温度、熵等等元素之间、不同层次之间

的关联形式——不为元素单独所有，也不由它们的线性叠加所产生。这是它们相互联系、相互作用的状态和过程本身。所谓整体趋势、有序性、必然性等等，正是这种关系的表现。大量事物的并存和影响是导致随机现象的根本原因。这一思想首先是从 19 世纪后期玻耳兹曼和 20 世纪初吉布斯关于统计物理的研究开始的。统计规律就是这一思想的集中表现。所以维纳说，我们必须把 20 世纪物理学的第一次大革命归功于吉布斯，而不是归功于爱因斯坦、海森堡或是普朗克。

20 世纪以来，统计规律和概率思想在科学的所有领域都得到了深化和发展，并且改变了科学认识的传统观念，也改变了人们对规律的认识。例如，在量子力学中，哥本哈根学派对薛定谔方程中的波函数作统计解释时，提出了几率波的概念，认为整体系统和单个粒子都服从统计规律。当代的计算机实验、实验室的测量和一些数学分析进一步证明，随机性能够在—一个确定的发展过程中作为内在的“必然”的行为而发生作用。由此，人们不再认为统计规律是我们对客观过程知之甚少的表现，而是复杂系统本身所具有的一般规律。我国物理学家郝柏林说过，自 1687 年牛顿发表《自然哲学之数学原理》一书以来，确定论观点在自然科学体系中一直被奉为正统。概率论描述则被当作“不得已而为之”的补充。现在事情起了变化。牛顿力学的框架里冒出了内在随机性。根本用不到什么“大数定律”来论证随机概念，三体问题中已经有好几个“随机性”、“不可预言”的实例。可以证明，这类情况不是稀有的特例，而是普遍的行为；完全确定论的描述在牛顿力学中局限于稀如凤毛麟角的特例。著名物理学家和哲学家菲利普·弗兰克也说过，如果我们用可观察来说，那么一切定律都是统计性的。可以说，凡是由大量小单元或层次构成的系统性质、结构的形成，稳定和变化的条件与过程，有序和无序之间的联系和转化，都可以用概率统计的方法去研究。统计规律把不同层次联系起来，揭示了它们之间既存在一致和连续性，又存在着差异和间断性这两种情况的统一。

它们既自我依存,又相互依存,每个层次的性质取决于它们的整体结构,又受制于高一层次并为高一层次提供了根据,最终反映客观世界是一个多层次、复杂结构的整体。在这个意义上,我们可以说,只有对统计规律进行深入的探讨,才会有助于我们把握当代科学思想的脉搏。

和统计思想相联系的进化(或演化)思想也是本世纪科学思想的重要支柱。进化论作为一种科学理论是 19 世纪 50 年代的产物。在那富有创造性的年代里,在科学的三个领域几乎同时产生了科学的进化论,这就是克劳修斯的熵增加原理、达尔文的物种进化论和马克思的唯物史观。

1850 年克劳修斯指出,热不能自动从低温物体传向高温物体,即热传导是不可逆的。15 年以后,他又引入了一个与系统的具体要素无关的物理学态函数——熵(S),这是他最伟大的功绩。热力学第二定律用熵来表示,即为:在孤立系统中,熵变不会小于 0,即 $dS/dt \geq 0$,这就是著名的熵增加原理。按照这个原理,孤立系统的熵是单向地增加的,不可逆的;如熵达到最大值,系统就处于热力学最可几状态即稳定的热平衡态。由于熵概念的提出,自然界的进化从此就可以用物理系统本身所固有的物理量的变化来说明了。不过克劳修斯的进化论实质上是退化论。在他看来,自然界由低熵状态倒退到高熵状态,即由有序倒退到无序,最后整个宇宙将要处于最混乱的热平衡态,即热寂状态。他把熵原理由孤立系统简单地外推到整个宇宙显然是错误的。然而,由于熵概念的引入,科学已经可以用系统的熵的变化来研究物理世界的进化和物理事件的方向性了。时间从此不再是单纯的运动参量,而变成物理的事实。

1944 年著名物理学家薛定谔出版了《生命是什么?》一书,在熵原理的基础上用热力学和量子力学理论来解释生命的本质。他指出,无生命物质中可具有周期性晶体结构,然而生命物质却以非周期性晶体形式出现,前者简单,后者复杂。两者之间结构上的差

别,就好比一张一再重复出现同一种花纹的糊墙纸,另一幅则是巧夺天工的刺绣。他认为生命是靠“负熵”来维持和发展的,它可以从环境中获得“有序”以维持自身组织。薛定谔对生命本质的研究,其意义在于开拓了用物理语言描述和分析生命本质的一个新方向。虽然他没有解决热力学第二定律和达尔文生物进化论之间的矛盾,但他提出“负熵”概念却为这一问题的解决打开了思路,为60年代以后系统自组织理论的发展奠定了重要的基础。

和上述科学思想相适应,本世纪,特别是50年代以来,在自然科学的各个领域都出现了大统一、大综合的趋势。

在物理学中,继爱因斯坦的几何统一场论和海森堡的量子统一场论之后,50年代杨振宁和米尔斯开创了规范场理论;到60年代,由温伯格和萨拉姆建立了弱、电统一理论。接着,格拉肖等人提出了寻求弱、电、强三种相互作用“大统一理论”的各种方案。70年代统一场理论的研究成为现代物理发展中的重要潮流。近年来,粒子物理学与天体物理学(宇宙学)的合流又为统一场理论开拓了新的、广阔的道路。

在生物学中,1953年沃森和克里克发现了脱氧核糖核酸(DNA)的双螺旋结构,标志着对遗传之谜的探索已从细胞水平深入到分子水平。60年代初,克里克进一步发现了遗传密码,使遗传的机理基本上得到了说明,初步解开了人类探索千年的遗传之谜。分子生物学的建立,引起了生物科学的革命性变化,使生物科学的各个分支在分子的水平上也得到了统一。

在数学中,历史上不少数学家力图建立统一的数学理论。其中以本世纪30年代开始在法国兴起的布尔巴基学派的成就尤为突出,这个学派把数学看成是关于结构的科学,认为整个数学的宏伟大厦可以建立在丝毫不求助于直观的、彻底的公理化基础上。在这个学派出版的近40卷的《数学原理》中,从集合论出发,对全部数学分支给以公理化,最终归结为三大类结构,即代数结构、序结构和拓扑结构,从而把人类长期积累起来的数学知识,按照数学结构

整理成为一个井井有条、博大精深的体系。

科学上的新思想、新概念和综合化、整体化的趋势，必然在哲学上得到反映。早在 19 世纪 20 年代，科学远没有发展到今天的水平，无产阶级革命导师马克思、恩格斯就已经立足于当时的科学成就，提出了一种崭新的自然观——辩证唯物主义自然观，把世界看成一个运动、进化、发展着的整体。如恩格斯所说，我们“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从这以后，即使是唯心主义哲学家，也不能面对新的科学思潮而无动于衷。

英国实证主义哲学家和社会学家斯宾塞从唯心主义立场出发，接过生物学中的进化论和有机论，创立了所谓“社会有机论”，把社会看作是一个虽然没有意识却有器官和组织的进化的、有机的整体。法国生命哲学的创始人柏格森强调了物理学时间和进化论及生物学时间的不同：前者是可逆的，其中没有新生事物出现；后者是不可逆的，其中不断地出现新生事物。他把生物系统描述成积聚能量而不是消耗能量的；是创造差别，而不是造成混乱、衰退和无组织的。柏格森令人信服地阐明了反熵趋势是生命体的一个重要的特征。

20 世纪 20 年代，英国著名科学家怀特海提出了过程哲学或有机体哲学，强调从整体上研究机体的结构、个性和相互关系，研究造成有机体存在和变化的条件。他认为机体的根本特征是活动，活动表现为过程，过程就是机体各个因素之间的有内在联系的、持续的创造活动，它表明一机体可以转化为另一机体。与此同时，美国统计学家劳特卡、俄国哲学家和生理学家波格丹诺夫却把社会设想为有机的系统。波格丹诺夫在 1925 年出版的《组织形态学》

^① 《马克思恩格斯选集》第四卷，人民出版社，1972 年版，第 241~242 页。

一书中,试图建立一门具有元科学性质的一般组织学,用有机的、组织的也就是系统的观点理解社会形态及其发展规律,至今苏联学术界仍把他看作对一般系统论具有开拓性贡献的学者之一。

由于德国心理学家柯勒用“格式塔”的观点,即完形结构的观点研究物理学、心理学和非生命系统的一般属性,由于瑞士语言学家索绪尔用结构的方法研究语言学,半个世纪以来结构主义思潮占据了西方语言学、心理学、社会学、美学以致于生物、物理和数学的大部分领地,并且在哲学上形成颇为可观的思潮。

系统、整体、结构、进化等等这些以概念形式表达的音符,构成了现代科学思想交响乐的主旋律,体现了 20 世纪的科学精神。系统科学正是这个时代精神的结晶。

(二)

1960 年维纳在论及控制论中最重要的问题时说,首先是研究自行组织系统、非线性系统以及同生命是怎样一回事有关的那些问题。但是这三种提法说的却是同一件事情。第一位对这些问题作出实质性研究并为系统科学奠定了基础的就是贝塔朗菲。

从 20 年代开始,奥地利学者贝塔朗菲就注意到当时在生物科学中流行的机械论和上述机体论的精神很不协调。机械论所忽视并加以否定的正是生命现象中最基本的东西。生命机体是一个有机的整体或系统,活的东西的基本特征是它的组织;生物科学的主要目标就在于发现不同层次上的组织原理。20 年代后期贝塔朗菲提出了生物学中的有机概念,接着发表了《理论生物学》、《现代发展理论》、《生命问题》等。这些著作实际上是他的一般系统论的前导。

贝塔朗菲认为,传统物理所处理的只是封闭系统,即被看成与环境相隔离的系统,而每一个生命有机体本质上是一个开放系统,它是在连续不断地吸入与排出中,在不断构成与破坏组织成份之

中维持其自身的。只要它还是活的，它就不会处于化学与热力学平衡状态，而是处于与此不同的稳定态之中。开放的有机体系统是不受热力学第二定律支配的。显然，传统物理学的公式原则上不能运用于作为开放系统和稳态的生命有机体。贝塔朗菲把他的机体论生物学称之为“机体系统论”，这个理论提出了诸如整体性、动态结构、能动性和组织等级等观点。但是，他没有停留在机体系统论。他敏锐地觉察到“寻找理论生物学基础的尝试会根本上改变世界的面貌”，这意味着在生物学领域将爆发一场哥白尼革命。在他看来，这场“有机革命”与现代技术革命具有同等重要意义，它孕育着难以估量的前景。这场革命的核心就是系统概念，用他的话说，系统“这个表面上看来平淡、抽象而空洞的概念，其实充满了隐秘、内涵、酵素和爆炸的潜力”，这个具有爆炸潜力的系统概念从此成了他的理论细胞，并促使他从机体论生物学进一步拓展到一般系统论，从而完成了系统科学的奠基工作。

40年代以后，一些系统学科逐渐建立和发展起来。在现代科学技术和生产管理实践迅速发展的形势下，以实现大规模复杂系统的最优设计和最优运行为宗旨的系统工程很快形成和发展起来。申农的信息论，冯·诺伊曼的博弈论，维纳的控制论，钱学森的工程控制论，福莱斯特的系统动态学等，像雨后春笋在世界科学园地上纷纷涌现。

随着信息论、控制论、系统工程和一般系统论的产生，系统科学的研究有了新的进展。特别是60年代以来，无论是理论上还是应用上，都出现了令人炫目的发展景象。系统、控制和信息的概念、思想和方法广泛地渗透到自然科学、社会科学、思维科学、技术科学和工程技术的各个领域。60年代，由于电子计算机的广泛运用，系统工程开始进入以计算机为主要工具、以现代控制论为基础的多变量最优控制阶段。70年代，系统工程进入到解决各种复杂大系统的最优控制阶段，并开始出现研究更复杂的系统——社会工程。

(三)

在一般系统论方面,用系统观点从相互联系中考察一个系统,特别是复杂系统从无序到有序,从低度有序到高度有序的转变、过渡和规律,逐渐形成了系统科学的另一个新领域,这就是系统自组织理论。

系统自组织理论是一种关于系统演化发展的一般性理论。它不同于传统的静态平衡理论,突破了把静态平衡作为追求目标的狭隘眼界,从而为理解复杂系统的生机奥秘提供了一个科学的根据。对于这方面的研究,国际上有很多学派,其中影响较大的有比利时普利高津的“耗散结构”理论,联邦德国哈肯的“协同学”和爱根的“超循环理论”。近年来发展起来的混沌理论、重整化方法等等也与系统的自组织有着密切关系。

60年代末,以比利时科学家普利高津为首的布鲁塞尔学派,在研究非平衡统计物理学时提出了“耗散结构”理论。这个理论认为,一个远离平衡的开系统(无论是力学的、物理的、化学的、生物的还是社会的、经济的系统),当系统通过不断与外界交换物质和能量,在外界条件的变化达到一定的阈值(关节点)时,通过涨落系统可能发生突变,即非平衡相变,转变为一种在空间上、时间上或功能上新的有序状态。这种在远离平衡的非线性区形成的新的稳定有序结构,由于需要与外界交换物质和能量才能维持,所以叫耗散结构。例如贝纳德对流、生物体、社会、城市等都属于耗散结构。

耗散结构理论的意义在于,耗散结构允许向更大得多的复杂性变化,这个复杂结构内部保持着各种程度的不稳定性,而这种结构的形成恰恰又依赖于系统发展过程所包含着的涨落,即系统内部与外部的扰动。根据这种理论,单纯的决定论或非决定论都不能对系统的自组织和进化过程提供科学的说明,对待复杂的现象