

万卷方法

复杂性科学的方法论研究

FUZAXING KEXUE DE FANGFALUN YANJIU

(第2版)

黄欣荣 著



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

万卷方法

复杂性科学的方法论研究

FUZAXING KEXUE DE FANGFALUN YANJIU

(第2版)

黄欣荣 著

重庆大学出版社

内容提要

复杂性科学是系统科学的延伸与发展,已被有些科学家称为“21 世纪的科学”。试图打破自牛顿以来一直统治科学世界的机械自然观,并通过超越还原论来进行科学方法论革命,现已演变为一场自上而下的思维方式的变革运动,掀起了一场科学世界观、认识论和方法论的彻底变革,并正在形成有别于传统科学范式的复杂性范式。本书在全面梳理复杂性科学的基本语义、历史背景、发展路径、基本特点和科学范式的基础上,全面论述了复杂性科学与还原论、整体论之间的辩证关系,提出了复杂性科学的融贯方法论,创造性地提炼出复杂性科学的隐喻、模型、数值、计算、虚拟、集成六种研究方法。复杂性科学方法论是对传统科学方法论的重大挑战和重要补充。

图书在版编目(CIP)数据

复杂性科学的方法论研究/黄欣荣著.—2 版.—
重庆:重庆大学出版社,2012.1
(万卷方法)
ISBN 978-7-5624-6396-2

I. ①复… II. ①黄… III. ①复杂性理论—方法论—
研究 IV. ①N941.4-03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 216719 号

复杂性科学的方法论研究

(第 2 版)

黄欣荣 著

策划编辑:雷少波

责任编辑:李桂英 廖 可 版式设计:雷少波

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人 邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区虎溪大学城重庆大学(虎溪校区)

邮编 401331

电话:(023) 88617183 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址 [http //www cqup. com. cn](http://www.cqup.com.cn)

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆五环印务有限公司印刷

*

开本:940×1360 1/32 印张:9.25 字数:265 千

2012 年 1 月第 2 版 2012 年 1 月第 3 次印刷

印数:4 001—7 000

ISBN 978-7-5624-6396-2 定价:29.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

序

从哲学的角度特别是从科学哲学的角度探索复杂性科学的方法论,按照自然主义的观点,这既是复杂性科学的重要工作和重要组成部分,也是科学哲学从特殊学科对科学进行研究和反思的一个方面和组成部分。对于科学哲学研究特别有意义的是,复杂性科学研究还是正在进行的科学研究,是“还未成熟”的学科。因此对这种还未成熟的学科进行科学哲学研究就带有双重任务:第一,探索学科发展中研究活动是如何展开的,运用了哪些有效或者无效的方法对复杂性问题 and 领域进行了研究,这些方法的性质、意义如何?这就是方法和方法论反思。第二,复杂性科学研究作为未成熟学科能够对科学哲学增添一种新的学科类别研究,这种类别不仅仅在于它是一个新的学科,而且还特别在于它是未成熟学科。

黄欣荣在清华大学做博士论文期间,选取了第一种角度,对复杂性科学与科学方法论的关联进行了研究。这种工作是在一个学科还在发展中时就对其方法探索进行方法论研究,因此极具基础性作用。这种工作的难度也正是因为如此变得很大,因为这种探索就像探索冰山一样,暴露在水面的只是冰山的一角而已,需要探索者穿上“潜水服”,拿上“探测器”深潜下去。

黄欣荣不畏困难,还是选择了这样一个有难度的问题研究下去。在做这个问题的时候,他发现,复杂性科学与科学方法论的联系主要表现在三个方面:第一,需要对复杂性语境进行方法论反思。因为复杂性科学研究涉及的问题、领域大都是传统学科所运用的方法无法解决的问题和领域,也就是说,传统的以还原为主要

特征的科学方法在复杂性领域显得无能为力。因此复杂性科学首先就要从研究方法上探索如何突破和革新,也特别需要超越已经成为思维定势,占绝对统治地位的还原论。需要寻找新的方法论,以便解决复杂性的问题。第二,需要找到复杂性科学研究中所使用的方法工具。这第二个任务似乎比第一个任务容易,但是实际上它同样具有很大的难度,因为对于一个从事科学哲学这种对于科学而言是二阶研究的学者来说,他尽管有理工科的背景,但是完全读懂复杂性在各个学科上的研究,并且能够总结和抽象出相应的方法工具,也绝非易事,这既涉及数学、物理和生命科学,也涉及对这些学科中采用的复杂性概念、方法的哲学体悟。黄欣荣还是比较好地完成了这些任务,他发现复杂性科学在突破传统科学方法论的基础上,采用了一些传统科学不甚认可或不常使用的科学方法,如隐喻,有些则在传统科学方法的基础上进行了革新改造,例如模型、数值、计算、虚拟等。这些方法在复杂性科学中获得了新的含义,在复杂性科学中发挥了重要的作用,并反过来又丰富了这些科学方法。第三,复杂性科学中的方法论意蕴。复杂性科学的内容也像系统科学一样,具有方法论的意蕴,本身也可以上升为科学方法,作为研究的工具用于其他学科的研究。用复杂性的眼光和方法去透视任何一个传统的学科领域,都可能发现传统方法难于采掘的新“矿藏”,使得老学科获得新生命,这就是复杂性的方法和方法论应用方面的研究了。当然,限于时间和篇幅,在做博士学位论文时,黄欣荣最后还是舍弃了这个方面的研究,也就为自己今后的研究留下了一个可继续扩展的空间。事实上,这第三个方面是足可以成为一个独立的研究课题的,而且它也是一个需要深度采掘的“富矿”,要有足够的准备和精力,才能去开采它。暂时舍弃它也是对的,否则可能在前两个问题上研究不到位。

复杂性科学从目前来说更像是一场思维方式的变革运动。在21世纪开始时,对这种发展中的复杂性科学与科学方法论进行研究,应该是一种很有意义的工作。从科学方法论的角度来研究复杂性,对于我们认识复杂性问题 and 学科性质,都有很好的意义。

在黄欣荣这个关于复杂性方法论研究的成果就要出版的时候,他嘱我做序,作为他的博士生导师和朋友,这个序就算做我对他的一个希望和祝福。我想,黄欣荣有足够的眼界,能够看出问题

的重要与否,而且能够抓住问题,一旦抓住问题,很快就可以产生一些成果。但是出成果快,既是优点,也可能带来一些问题,我希望他不仅能够不断地运用复杂性方法和思维去开拓新的领域,进行新的研究,取得更多的优秀成果,而且能够把抓住的重要问题挖掘得更深、更透。

老子说:“道生一,一生二,二生三,三生万物。”有了道,就不愁一,有了一,还愁二吗? 而达到三的境界,万物也就不远了。所以最重要的,是:道。

吴彤于清华园

2011 年 8 月

目录

第一章 复杂性科学与科学方法论	1
第一节 复杂性科学:21 世纪的新科学	1
第二节 复杂性科学与科学方法论	3
第三节 复杂性方法论的研究现状	6
第四节 复杂性方法论的研究意义	11
第二章 复杂性科学的兴起	13
第一节 复杂性语义的复杂性	13
第二节 复杂性科学的基本特征	27
第三节 复杂性科学的历史路径	39
第四节 复杂性科学兴起的语境分析	52
第五节 科学范式的复杂性转向	66
第三章 复杂性科学的方法论	84
第一节 复杂性科学与还原论	84
第二节 复杂性科学与整体论	120
第三节 复杂性科学的融贯方法论	141
第四节 复杂性科学的方法论原则	157
第四章 复杂性科学的研究方法	169
第一节 复杂性科学与隐喻方法	169
第二节 复杂性科学与模型方法	188
第三节 复杂性科学与数值方法	201
第四节 复杂性科学与计算方法	214

第五节 复杂性科学与虚拟方法	230
第六节 复杂性科学与综合集成方法	239
结语:任重道更远	256
参考文献	260
后 记	275
第2版后记	279

复杂性科学与科学方法论

兴起于 20 世纪 80 年代的复杂性研究 (Complexity Researches) 或复杂性科学 (Complexity Sciences), 是系统科学发展的新阶段, 也是当代科学发展的前沿之一。尽管目前它仍处于萌芽和发展形成阶段, 但已引起了科学界的广泛重视, 已被有些科学家誉为“21 世纪的科学”。复杂性科学为什么会获得如此的盛誉呢? 这主要是因为它在科学方法论上的突破。复杂性科学的兴起在哲学上对传统的科学方法论如还原论、整体论等产生了重大冲击, 其研究也采用了许多传统科学研究较少采用甚至被排斥的研究方法。复杂性科学方法论既是对传统科学方法论的重大挑战, 也是对传统科学方法论的重要补充, 并对复杂性科学自身的健康发展有着重要的意义。

第一节 复杂性科学:21 世纪的新科学

按照传统的理解, 简单与复杂是相对的, 一个事物在未被认识之前是复杂的, 一旦被认识就变得简单。从人类认识事物的过程看, 这种情形是常见的。但现代科学技术的发展表明, 不能把复杂性全部归结为认识过程的不充分性, 必须承认存在客观的复杂性, 真正的复杂性应当具备自身特有的规定性, 即使已被人们认识, 即使找到解决办法, 它仍然是复杂的。就是说, 应当找出简单性与复杂性之间某种根本性质的区别, 使复杂性科学具有相对确定的研究领域。

近年来,国内外对于复杂性科学的关注程度有所增加。关于复杂性的研究,已经在很早的时候就开始了,但用的名字不是“复杂性”而已。人工智能与认知心理学研究的前驱、诺贝尔经济学奖获得者司马贺(H. Simon),于1969年首次出版了《人工科学》一书。该书的最后一章题目为“复杂性的构造(The Architecture of Complexity)”,^①作者认为,在科学和工程中,对系统的研究活动越来越受到欢迎。它受欢迎的原因,与其说是适应了处理复杂性的知识体系与技术体系的任何大发展的需要,还不如说是它适应了对复杂性进行综合和分析的迫切需要。该书于1996年出版第三版时,作者把原来书中最后的第七章改为第八章,新增了题为“复杂性面面观”一章作为第七章。^②由此可以看出作者对复杂性科学的关注。司马贺还从科学技术发展的角度对近年来与复杂性密切有关的内容作了扼要的概括:第一次世界大战后,开始了早期的研究,所用的题目是:整体论(holism),经验的整体(gestalts,格式塔),创造性进化(creative evolution);在第二次世界大战后所出现的题目是:信息(information),控制论(cybernetics),一般系统(general systems);当前的热门题目是:混沌(chaos)、自适应系统(self-adaptive systems)、遗传算法(genetic algorithms)以及元胞自动机(cellular automata)。他把与复杂性科学密切相关的若干课题归纳为如下八个方面:①整体论和还原论;②控制论与一般系统论;③复杂性方面当前的兴趣;④复杂性与混沌;⑤在突变和混沌世界中的合理性;⑥复杂性与进化;⑦遗传算法;⑧元胞自动机和生命游戏。^③

系统科学的前驱者贝塔朗菲于20世纪40年代末已经提出研究复杂性的问题。信息论创始人之一的韦弗尔(W. Weaver)在同一时期提出有组织复杂性和无组织复杂性的划分,把有组织复杂性作为系统科学的研究对象,对其后的科学发展产生了深刻影

①西蒙.人工科学[M]. 武炎山,译. 北京:商务印书馆,1987:166-197.

②Herbert Simon. The Sciences of Artificial[M]. 3rd ed. MIT,1996.

③司马贺.人工科学[M]. 武炎山,译.3版. 上海:上海科技教育出版社,2004:157-168.

响^①。但总的来说,这个时期的复杂性科学尚无实质性进展。在 20 世纪 50—60 年代,系统科学获得重要进展的分支是运筹学、控制论、信息论等技术科学,研究对象基本属于简单系统,尚未触及真正的复杂性。20 世纪 70 年代以后,关于简单系统的理论日趋成熟,系统科学才真正转向以复杂性为主要对象,试图建立关于复杂系统的一般理论,如美国的圣菲研究所的复杂适应系统理论、欧洲大陆的自组织理论、中国的开放复杂巨系统理论等。

第二节 复杂性科学与科学方法论

对探索事物复杂性的研究究竟是称为“复杂性科学”还是“复杂性研究”,学术界存在一些争论。例如,中国社会科学院的闽家胤赞成使用“复杂性研究”却不赞成使用“复杂性科学”。他认为道理很简单,“复杂性研究”是可能的,“复杂性科学”是不可能的。科学仅限于研究实体、运动和关系,从未能能够为研究一种“属性”建立起一门科学来。譬如“美”是一种属性,人类研究“美”至少几千年了,但美学始终属于哲学而不是科学。我们不应当直接研究“复杂性”,而应当直接研究“复杂系统”,特别是某一类复杂系统。^② 苗东升也认为,复杂性并不是一门新科学,“因为复杂性研究的成果不是在相对论、分子生物学之外又出现的另一门新学科,而是所有学科领域都有自己的复杂性,都需要超越还原论,不可能把这些成果归属于某一门学科,复杂性研究改变的不是个别学科领域,而是几乎所有学科领域,所有学科领域复杂性研究的总和才是所谓‘复杂性科学’。这样说还不够,复杂性探索将开辟大量跨学科研究的新领域,它们无法划归某个现有的学科领域,也不会形成单一的学科。”^③然而,纵观自然科学文献,大量的科学家却通常都使用“复杂性科学”来指称相关的复杂性研究,并且把混沌、分形以及元胞自

① Warren Weaver. Science and Complexity[J]. Scientist, 1948, 36(4): 536-544.

② 闽家胤. “复杂性研究”和“复杂性科学”[J]. 哲学动态, 2003(3): 10.

③ 苗东升. 复杂性研究的现状与展望[J]. 系统辩证学学报, 2001(4): 7.

动机等理论研究直接称为复杂性科学。因此,在本文中我们采用复杂性科学的说法,但并不排斥复杂性研究的称呼。

由于来自数学、自然科学和工程技术等领域以及社会科学领域大致有 50 ~ 60 种各自不同的复杂性的概念,而且目前还没有从这些概念中形成公认的统一复杂性定义,因此,对复杂性科学的认识也就难于取得统一。正如《复杂》一书的作者沃尔德罗普(M. Waldrop)在其书中开篇指出的:复杂性科学“这门学科还如此之新,其范围又如此之广,以至于还无人完全知晓如何确切地定义它,甚至还不知道它的边界何在。然而,这正是它的全部意义之所在。如果说,复杂性科学的研究领域目前尚显得模糊不清,那便是因为这项研究正在试图解答的是一切常规学科范畴无法解答的问题”。^① 目前学界比较倾向于通过方法论来界定复杂性和复杂性科学。例如,钱学森认为:“凡是不能用还原论处理或不宜用还原论方法处理的问题,而要用或宜用新的科学方法处理的问题,都是复杂性问题,复杂巨系统就是这类问题”。^② 苗东升通过研究方法论定义了简单性问题,他说:“所谓简单性问题,指一切可以用还原论方法解决的问题,已经得到系统、全面、透彻的研究,形成完全成熟的普适方法论和具体方法的体系。新的问题还会出现,但只要循着这条路走就可以解决,至多作一些局部的调整、修正,无须作方法论的变革。”^③由此我们可以看出,复杂性问题或非简单性问题就是指不能完全用还原论方法论解决的问题,作为复杂性科学的研究对象的复杂性和复杂系统就是这类问题。

通过研究方法论来界定学科的领域和性质是复杂性科学的重要特色。一般来说,传统学科是以研究对象来划分的,如数学、物理学、化学、生物学、哲学、历史学、社会学、系统科学等都以研究对象来表明各自的研究范围和相互之间的区别。虽然每门学科都有自己独特的研究方法,但它们之间的区别主要在于研究对象,而不

①米歇尔·沃尔德罗普.复杂——诞生于秩序与混沌边缘的科学[M].陈玲,译.北京:三联书店,1997:1.

②许国志.系统科学[M].上海:上海科技教育出版社,2000:299.

③苗东升.复杂性研究的现状与展望[J].系统辩证学学报,2001(4):7.

在于研究方法。可是,复杂性研究或复杂性科学不是一门具体的科学,而是分散在许多学科中,是学科互涉的。^①之所以被称为复杂性科学,是由于它们所持的方法论立场都已经超越了还原论,所使用的研究方法也都已经超出了还原分析方法的界线。正如苗东升所说:“把按照方法论划分的观点贯彻到底,可否将‘简单性科学’改为还原论科学,把‘复杂性科学’改称为涌现性科学?与 reductionism 对应,可否造个英文字 emergencism?前者主要探求事物的还原释放性,后者主要探求事物的整体涌现性,代表科学探索的两个不同方向,而非高低、难易之分。”^②

虽然我们对复杂性和复杂性科学都没有一个统一的界定,但复杂性科学具有以下一些特点:

(1)它只能通过研究方法论来界定,其度量标尺和框架就是非还原的研究方法论。通过研究方法论来界定或定义复杂性科学及其研究对象,是复杂性科学的重要特征。

(2)它不是一门具体的学科,而是分散在许多学科中,是学科互涉的,从传统的分类学科到现在的交叉学科,从政治、经济、生物到语言、大脑、市场、交通,几乎人类生活的每一个角落,甚至很难说清它的边界之所在。之所以被称为复杂性科学,是由于它比较一致的超越还原论的方法论立场。

(3)它要力图打破传统学科之间互不往来的界限,寻找各学科之间的相互联系、相互合作的统一机制。

(4)它要力图打破从牛顿力学以来一直统治和主宰世界的线性理论,抛弃还原论适用于所有科学的梦想。

(5)它要创立新的理论框架体系或范式,应用新的思维模式来理解自然界带给我们的问题。

复杂性科学与科学方法论的关联主要表现在三个方面:①复杂性语境中的方法论反思:因为复杂性科学涉及的领域都是传统学科无法解决的问题,也就是说,传统的科学方法论在复杂性领域

①“学科互涉”这个概念来自姜智芹,她在翻译[美]朱丽·汤普森·克莱恩:《跨越边界——知识、学科、学科互涉》一书时对原来“跨学科”等称为“学科互涉”。

②苗东升.复杂性研究的现状与展望[J].系统辩证学学报,2001(4):7.

显得无能为力。因此复杂性科学首先就要从科学方法论上进行突破和革新,特别是要超越已经成为思维定势、占绝对统治地位的还原论,需要寻找新的方法论,以便解决复杂性的问题。②复杂性研究中的方法工具:复杂性科学在突破传统科学方法论的基础上,采用了一些传统科学不甚认可或不常使用的科学方法,如隐喻;有些则在传统科学方法的基础上进行了革新改造,如模型、数值、计算、虚拟等。这些方法在复杂性科学中获得了新的含义,在复杂性科学中发挥了重要的作用,并反过来又丰富了这些科学方法。③复杂性科学中的方法论意蕴:复杂性科学的内容也像系统科学一样,具有方法论的意蕴,本身也可以上升为科学方法,作为研究的工具用于其他学科的研究。用复杂性的眼光和方法去透视任何一个传统的学科领域,都可能发现传统方法难于采掘的新“矿藏”,使得老学科获得新生命。①

复杂性科学从目前来说更像是一场思维方式的变革运动。在这场运动中,一切传统学科都要进行复杂性再审视,把用传统的分析还原思维遗漏、丢弃的东西重新筛选一番,从中找出分析还原方法忽视的东西。可以说,在这场复杂性运动中,以新方法论为特色的复杂性光芒照亮了分析还原方法的死角,各门传统学科又焕发了青春。所以,复杂性科学与科学方法论具有密切的联系。从科学方法论的角度来研究复杂性,从哲学的角度探索复杂性科学的方法论,是复杂性科学的重要工作和重要组成部分。

第三节 复杂性方法论的研究现状

从目前来看,复杂性科学的哲学方法论虽然极为重要,但这方面的工作还不系统,全面、深入的研究还有待展开。复杂性科学已经进行了二十余年,并且取得了许多令人鼓舞的成果。为了进一

①复杂性研究虽然这在三个层面与科学方法论相关联,但由于时间和篇幅的原因,本书只探讨复杂性研究的方法和方论两个层面的内容,对复杂性科学的方法论意蕴已在作者的另一部专著《复杂性科学方法及其应用》(重庆大学出版社,2011年版)中做了全面的研究。

步推动复杂性科学的顺利进行,并及时地将复杂性的成果用于其他学科的研究,我们有必要对复杂性方法论进行系统、全面的哲学探索。

在哲学层次上对传统科学方法论的反思方面,目前有一些值得注意的工作。例如,哈尔滨师范大学的孙慕天和俄罗斯的采赫米斯特罗合作,对新整体论展开了系统的研究。^①他们认为,虽然近现代科学是在还原论的方法论背景下取得的成绩,但在现代思想中,从分析性走向整体性的思维方式转换,已经表现得越来越清楚了。他们从现代科学中整体性观点的发生、量子力学的整体论解释、整体论思想的抽象本质、整体论思想的启发价值到整体论与哲学等五个方面对现代整体论做了比较全面的探讨。不过他们这些探讨都是从现代物理学特别是量子力学出发而做的研究,没有结合新兴的复杂性科学来进行论述。中国社会科学院的金吾伦根据复杂性理论的方法论意蕴挖掘出生成论哲学。在其专著《生成哲学》^②中,他全面批判了还原论与构成论,继而对整体论及其复兴做了比较详细的研究,在此基础上,他提出了颇具特色的生成论。他的生成论是基于现代复杂性理论,特别是复杂性理论中的涌现论。他的这些工作是一个很有意义的复杂性哲学方法论的奠基性工作。成思危在《复杂科学与管理》一文中提到:“研究复杂系统的基本方法应当是在唯物辩证法指导下的系统科学方法”,并提出这应包括四个方面的结合,即定性判断与定量计算相结合、微观分析与宏观综合相结合、还原论与整体论相结合、科学推理与哲学思辨相结合,但他没有对这些方法论原则展开做更加全面的论述。^③此外,还有一些学者对系统科学及其分支学科的研究方法论做过一些探讨,例如苗东升对系统方法论和混沌研究方法的探索就很有见地。他在许国志主编的《系统科学》一书中从系统方法的哲学基础入手,比较全面地论述了还原论与整体论相结合、定性描述与定量描述相结合、确定性描述与不确定性描述相结合、系统分析与系

①孙慕天,采赫米斯特罗.新整体论[M].哈尔滨:黑龙江教育出版社,1996.

②金吾伦.生成哲学[M].保定:河北大学出版社,2000.

③成思危.复杂性科学探索[M].北京:民主与法制出版社,1999:1-6.

统综合相结合等系统方法论原则。^①

在复杂性科学活动中的方法论方面,国内已经做过一些工作。在我国,最早明确提出探索复杂性科学方法论的是我国著名科学家钱学森及其系统学讨论班成员。他们在20世纪80年代复杂性科学刚刚兴起时就把这个问题提到议事日程上来。^② 钱学森在研究开放的复杂巨系统时指出,研究开放的复杂巨系统必须采用新的方法,即从定性到定量的综合集成方法以及综合集成方法的研讨厅体系。^③ 这些方法实际上就是探索复杂性的独特方法之一。苗东升在《混沌学纵横谈》一书的第四章,对混沌研究的方法做了比较详细的论述,认为混沌研究方法主要包括建立模型、理论描述、数值计算、实验观测和哲学思辨等。^④ 中国科学院赵松年在探索非线性时分实验数学、元胞自动机、重整化群方法、散射反演方法和役使原理等五个方面对非线性的研究方法做了比较系统的介绍。^⑤

此外,吴彤对自组织方法论做了比较全面的研究。^⑥ 他通过概括和总结各个自组织科学理论分支所蕴涵的方法意蕴,提出和阐述了自组织方法论整体框架,探讨了自组织条件方法论、自组织动力学方法论、自组织演化途径方法论、自组织结合途径方法论、自组织分形结构方法论、自组织演化图景方法论以及自组织方法论与哲学的关系等。作为我的导师,吴彤对自组织科学内容中蕴涵的方法论所做的比较全面的哲学探讨,对我探索复杂性科学的方法论很有启发:一方面他的选题和研究方法启发了我选择复杂性科学的方法论研究;另一方面,自组织理论本身就是构成复杂性的重要组成部分。因此,吴老师的自组织方法论研究本身就是复杂性方法论的重要组成部分和前期研究成果。

① 许国志. 系统科学[M]. 上海:上海科技教育出版社,2000:31-36.

② 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志,1990,13(1):3-10.

③ 王寿仁,于景元,戴汝为,等. 开放的复杂巨系统[M]. 杭州:浙江科技出版社,1996.

④ 苗东升,刘华杰. 混沌学纵横谈[M]. 北京:中国人民大学出版社,1996.

⑤ 赵松年. 非线性:它的内容、方法和意义[M]. 北京:科学出版社,1994.

⑥ 吴彤. 自组织方法论研究[M]. 北京:清华大学出版社,2001.

在国外,复杂性方法论研究也已经被提到议事日程上来。复杂性科学的早期探索者们,如贝塔朗菲、普里高津、哈肯等学者对复杂性科学的方法论及其对哲学方法论的影响就做过一些论述。当代复杂性科学的重镇——美国圣菲研究所(SFI)的复杂性研究者们,已经体会到了方法论变革的重要性,把计算模拟、隐喻类比方法引入复杂性科学中。圣菲研究所的第一任所长考温等人主编了一本圣菲研究所复杂性研究系列文集:《复杂性:隐喻、模型和实在》^①,在这本文集中,圣菲的学者们对复杂性的各种研究方法做了初步的探讨。圣菲研究所的约翰·L.卡斯蒂在《虚实世界》中,对复杂性的研究方法和工具特别是计算机仿真进行了专门研究。^②霍兰在《隐秩序》和《涌现》两本专著中,把隐喻方法引进复杂性研究之中。^③考夫曼^④和巴克^⑤等学者也对复杂性科学的方法论做过一些讨论。1999年,美国《科学》杂志在其编发的复杂性专刊中,其编者按的文章《超越还原论》也是一种方法论探索的尝试。他们指出还原论虽然功名赫赫,但它依然有许多不足之处,并提出用一系列整体论的方法来补充主流的还原论也许是有所裨益的,因此他们发出了超越还原论的号召。

此外,德国学者克劳斯·迈因策尔在《复杂性中的思维》^⑥一书中,从科学前沿探索与人类心智探险史的结合中,从物理世界的进化到生命世界的进化、从意识的起源到认知科学的兴起、从社会政治系统到社会经济系统的运行、从哲学史到哲学前沿的反思等方面,阐述了探索复杂性将引起人们思维方式的变化,引起世人对共同未来的关注,并对传统的科学思维和科学方法产生重大影响。他因此企图建构一个跨学科的一般方法论。法国学者埃德加·莫兰在《复杂思想:自觉的科学》等四卷本方法论书系中,也从哲学层次上对复杂性的研究方法及其对科学思维和科学方法的影响做了

①G. A. Cowan et al. Complexity: Metaphors, Models and Reality[M]. MA: Addison-Wesley, 1994.

②约翰·L. 卡斯蒂. 虚实世界[M]. 王千祥,等,译. 上海:上海科技教育出版社,1998.

③约翰·H. 霍兰. 涌现——从混沌到有序[M]. 陈禹,等,译. 上海:上海科技出版社,2001:219.

④斯图加特·考夫曼. 宇宙为家[M]. 李绍明,等,译. 长沙:湖南科学技术出版社,2003:84.

⑤帕·巴克. 大自然如何工作[M]. 李炜,蔡勖,译. 武汉:华中科技大学出版社,2001:7-12.

⑥迈因策尔. 复杂性中的思维[M]. 曾国屏,译. 北京:中央编译出版社,1999.