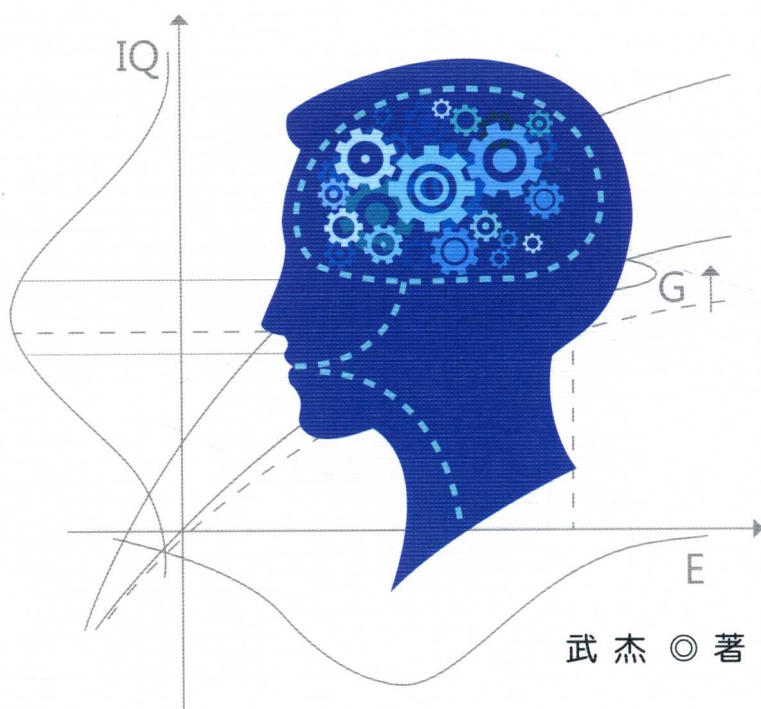


跨学科研究与非线性思维

(第2版·上册)

*Interdisciplinary Research
and
Nonlinear Thinking* (Second Edition)



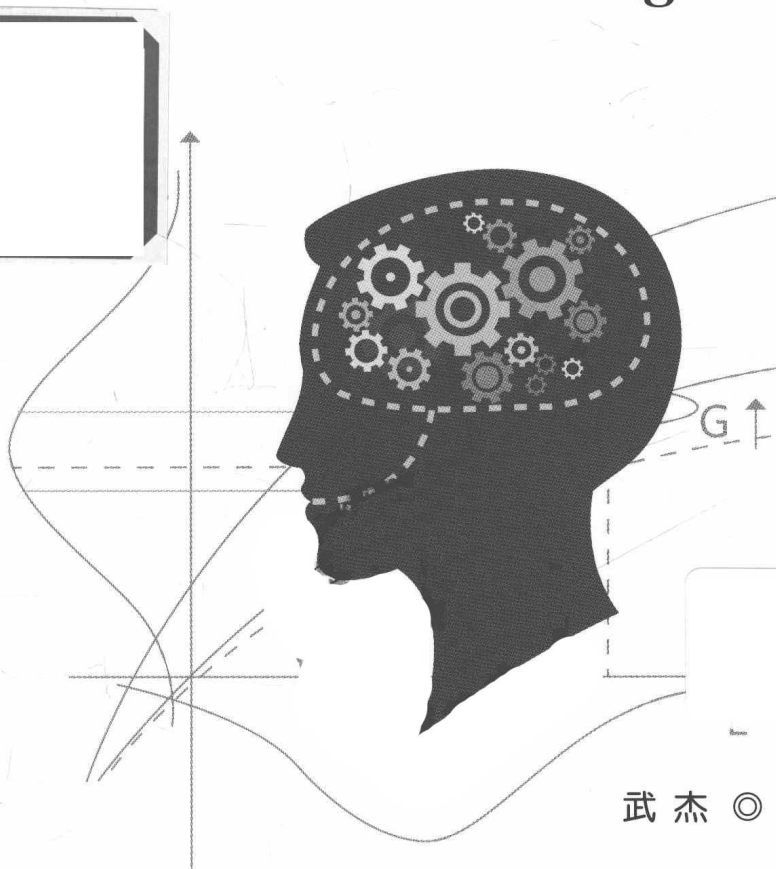
把跨学科研究与非线性思维内在地关联起来，深刻感悟：跨学科研究是沟通知识的桥梁，非线性思维是创造知识的源泉。

中国社会科学出版社

跨学科研究与非线性思维

(第2版·上册)

Interdisciplinary Research and Nonlinear Thinking (Second Edition)



武杰 © 著

把跨学科研究与非线性思维内在关联起来，深刻感悟：跨学科研究是沟通知识的桥梁，非线性思维是创造知识的源泉。

中国社会科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

跨学科研究与非线性思维 (全2册) / 武杰著. —2版. —北京:
中国社会科学出版社, 2016.2
ISBN 978-7-5161-7538-5

I. ①跨… II. ①武… III. ①跨学科学—研究②非线性—
思维科学—研究 IV. ①G301②B80

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 018048 号

出版人 赵剑英
责任编辑 冯春风
责任校对 张爱华
责任印制 张雪娇

出版 中国社会科学出版社
社址 北京鼓楼西大街甲 158 号
邮编 100720
网址 <http://www.csspw.cn>
发行部 010-84083685
门市部 010-84029450
经销 新华书店及其他书店

印刷 北京君升印刷有限公司
装订 廊坊市广阳区广增装订厂
版次 2016 年 2 月第 1 版
印次 2016 年 2 月第 1 次印刷

开本 710×1000 1/16
印张 47.25
插页 2
字数 771 千字
定价 136.00 元(全2册)

凡购买中国社会科学出版社图书,如有质量问题请与本社营销中心联系调换
电话:010-84083683
版权所有 侵权必究

第一版 序 言

20 世纪以来，自然科学和社会科学的蓬勃发展，使我们认识到，人类生存的世界，从宇观、宏观到微观，本质上都是非线性的。在现代科学的研究中，只有创建相应的非线性模型，才可能更准确地反映客观规律。非线性科学已破土而出。它作为 20 世纪科学史上的一次革命，必将促进自然科学和社会科学的加速发展，并从根本上改变世界的科学图景。

二十多年来，我国在科学技术哲学方面取得了令世人瞩目的成果。本书作者早年潜心于哲学和自然辩证法的理论研究，较早跨入了科学技术哲学的研究领域。他兴趣广泛，涉猎诸如近现代数学、物理学、经济学以及生态学等学科，努力追踪国际科学技术哲学在非线性科学这一重要研究领域的发展前沿。本专著是在其所完成的研究课题和发表的学术论文的基础上，对科技哲学相关领域的大量专著和论文进行分析、探讨、对比和互证后，经过缜密思考而完成的。其论述力求与非线性科学和非线性思维的最新发展保持一致。本书从哲学的层面、跨学科研究的角度，系统地阐述了非线性的由来和特征，论证了世界的本质是非线性的；非线性是事物发展的终极原因；非线性为人类提供了一种崭新的思维方式——非线性思维。非线性思维已成为当代思维科学关注的焦点，它是人类创造性思维的源泉。

忆起上世纪 60 年代初，与本书作者邂逅相识时，从他那充满稚气的少年双眸中，我看到了他对知识的渴求。70 年代中的不期而遇，使我们成了大学同事。改革开放初期，他已是一位出色的大学哲学教师，但他对数学科学所迸发的学习激情，又使我们成为师生。从此，他对科学技术和相关社会科学孜孜不倦地探索着、追求着，成果不断。本书正是其二十多

年科研成果的总结。我相信，读者会从中获益，也希望有更多科技哲学领域的工作者能投身于非线性思维的研究，取得更多更具前瞻性的研究成果。

徐永华

2004年7月25日

第二版 序 言

我与武杰教授的相识大约可以追溯到上世纪 90 年代初，也许是我的那本《系统科学原理》搭建了这座桥梁，它使我们两个山西老乡、两个属牛人有了今天的友谊。我出生于抗战初期的 1937 年 10 月，他出生于解放初期的 1949 年 9 月。这 12 年之差，中国历史发生了翻天覆地的变化，从“长夜难明赤县天”到“一唱雄鸡天下白”。我的童年是在战火纷飞的年代里度过的，扫荡、躲难，在日寇刺刀下逃生；灾荒、挨饿，在荒山土窟中成长；无书、无师，哪有机会读书上学！武杰教授作为共和国的同龄人，他生在新中国，长在红旗下，伴随着伟大祖国一起成长，是新中国发展成就的亲历者和见证人。这自然令我羡慕，又不是个人能够选择的。1963 年，少年武杰考入华北地区的重点中学——太原五中，在那里度过了幸福的青少年时代，参加工作后又有条件上了大学，并毕业留校成为人民教师。在我们的交往中，我也感受到“共和国同龄人”身上浓浓的时代烙印：性格刚毅，吃苦耐劳，富于理想，办事认真。光阴荏苒，转眼间，我们相识快 25 年了。二十多年来，我们为了一个共同的目标，在各自的工作岗位上孜孜不倦地探索着、追求着；尽管现在我俩都已经退休，但仍然在伏案笔耕、流泻智慧。这也许是属牛人的一种秉性，即土话说的牛劲吧。

共同的科学信仰和理想追求，使我们走上了相同的学术道路。大家知道，20 世纪 40 年代以来，系统科学在科学发展史上留下巨大而深刻的印迹。其间，接连不断地涌现出一系列在科学思想和方法论上具有根本性变革的新学科、新理论。60 年代尤为引人注目，像耗散结构理论、突变理论，超循环理论、混沌理论、临界态理论、协同学、微分动力系统理论、模糊学等新学科，都产生和孕育于这一时期。这仿佛是科学大系统的一个

相变时期。这些新学科往往以非平衡、非线性、非标准、非经典等为标志把自己与传统理论区别开来。有人用“非字当头”来概括这一趋势，可谓贴切。因为这些学科的出现，都意味着科学范式的转换。

武杰教授的这本专著《跨学科研究与非线性思维》(第2版)就深刻地反映了这一趋势。它将跨学科与非线性联系起来研究，视角很有特色。内容涉及数学、物理学、经济学、生态学与系统科学的交叉研究，中心是如何认识非线性和复杂性问题。作者秉承马克思主义基本原理，从哲学的本体论、认识论和思维方式等方面对非线性做了较为系统而深入的分析，提出一些独到的见解，有助于推动我国的复杂性研究。现在来看，不同领域的学者都感受到了这场变革，并依据各自的学科发展来理解和评价这场变革。我在这里顺便引证几种有代表性的观点，以阐明21世纪科学发展的趋势。

早在1979年初，钱学森先生就提出：“我们可以毫不含糊地从科学理论角度来看，20世纪上半叶的三大伟绩是相对论、量子力学和控制论，也许可以称它们为三项科学革命，是人类认识客观世界的三大飞跃。”1985年，他对这一提法作了修正，认为建立和发展系统学“在科学史上的意义不亚于相对论和量子力学。”

1985年，比利时自组织理论家尼科里斯和普利高津指出，当代科学正经历着一个理论变革时期，并把这一变革与20世纪初物理学的“两大革命”——相对论和量子力学相提并论，认为在宏观层次上“物理学正在经历着根本性的转变。”他们所说的物理学第三次革命，主要是指关于非平衡和不可逆过程的研究。

1987年，美国科普作家格莱克综合表述了混沌理论工作者的一种普遍意见：“20世纪的科学只有三件事将被人们记住：相对论、量子力学和混沌。混沌是本世纪物理学中的第三次大革命。”他还引述了美国物理学家、“混沌传教士”福特的论断：“相对论消除了牛顿绝对时空观的错觉，量子力学消除了可控测量过程的牛顿梦幻，混沌理论消除了决定论可预见性的拉普拉斯幻想。”格莱克指出，在这三项科学革命中，混沌理论代表的革命是关于我们看得见摸得着的宇宙(即宏观世界)中具有人类尺度的对象的科学。

这三种见解在本质上是相通的：都从科学革命的高度观察问题，都以

相对论和量子力学为比较对象，都承认正在出现第三次科学革命。不同之处在于代表第三次科学革命的是哪个学科。在我们看来，第三次科学革命不是发生在物理学一个领域，而是发生在差不多所有科学领域；不是以一门学科为代表，而是由一系列学科共同表征的。所以，武杰教授的著作特别强调了跨学科研究的历史必然性，明确指出：“跨学科研究的最基本特征，就是它的学科交叉性，以及多学科性和跨学科性。它承认事物联系的整体性与相互作用的复杂性，由此而产生了它的理论与方法的综合性和普遍性。”难怪他引用了物理学家郝柏林的观点，认为“今天人们在探索宇宙演化奥秘和微观世界结构两个尖端方向上的难度越来越大，而在宏观层次上探索复杂性的研究却取得了突破性的进展。特别应当指出的是，20世纪60年代以来由于计算机作为研究手段的广泛运用，与理论、实验手段相结合，促成了非线性科学的建立。这方面研究的迅速进展，使人们对一些久悬不解的基本难题，诸如物理学的确定性描述和概率性描述的关系、复杂系统形成的机制、自然界有序和无序转变的条件以及人类创造性思维形成的机理等有了新的认识，并开始影响人类的自然观和思维方式，促进人们从事物整体的角度去探索和把握自然界的复杂运动形式。”

概括地说，这次科学革命具有两个基本特点：第一，它发生在宏观层次上。尼科里斯、普利高津和格莱克的意见都明确地指出了这一特点；控制论和系统学也是为处理宏观层次上与人类活动休戚相关的问题而产生和发展的。量子力学是微观层次的科学革命，相对论是宇观层次的科学革命，这两项革命已经基本完成，第三次革命应当是也的确是宏观层次的革命。这项革命在科学思想上带来重大变化，它告诉人们在宏观层次上我们已经认识的东西只是很小的一部分，一些基本问题还远未搞清楚。第二，它是对于复杂性的探索。迄今为止的科学理论是以相信世界的简单性为信条而建立起来的，处理的对象基本上是简单系统，或者是把复杂性约化为简单性来处理。但现代科学面临的是越来越复杂的对象，要求建立关于复杂性的科学理论——复杂性科学。

武杰教授在《跨学科研究与非线性思维》（第2版）一书中明确指出，“目前对自然系统的进一步研究，展现出了自然存在的经验性、不可分离性、非还原性和目的性等等。所有这些是上述简单性原则所不能涵盖的，需要有相应的具体方法去认识。这说明自然界的本质并非是简单的，

还存在着复杂性的一面。这对简单性原则的运用是一个沉重的打击。”正如尼科里斯和普利高津在《探索复杂性》一书第一章的开篇语中所说：“理化现象同生物现象的区别、‘简单’性能同‘复杂’性能的区别，并不像人们直觉想象的那么明显。这使我们对于物质世界有了一个多元论的观点，在这个世界里，各种现象作为影响体系的条件一个挨一个共处其中，而这种条件本身又是变化的。”因此，关于开放的非线性世界的这个观点，是本书作者希望奉献给读者的主要礼物。顺便指出，我不赞同“自然存在的经验性”之说，自然存在独立于人的经验性，而且先于人的经验性。如果改为“自然存在具有可经验性”，我是赞同的。

我们上面提到的、代表 20 世纪第三次科学革命的所有新学科，都是一种处理宏观复杂性的理论方案。体现在这些不同理论方案中的共同思想是要求放弃关于“现实世界简单性”的传统信念，转向承认现实世界的复杂性；放弃把复杂性约化为简单性来处理的传统做法，提倡把复杂性当作复杂性来处理的新思维。武杰教授《跨学科研究与非线性思维》的书名就诠释了这些新学科的共同纲领。他认为：“跨学科研究是沟通知识的桥梁，非线性思维是创造知识的源泉。我们应当把跨学科研究与非线性思维内在地关联起来，提倡一种新的思维方式，主张实践优位的立场、融会贯通的思路、文理交叉的优势、形式演算的内核。”所以，非线性科学被誉为“21 世纪的科学”。从这个角度出发来审视系统科学的理论价值，以提高我们对发展系统科学特别是系统学的理论意义和实际价值的认识，这对于我们全面建成小康社会、振兴中华民族具有重大的现实意义。我祝愿更多的有志青年把自己的才华奉献于这一伟大事业！

序就序到此处。心血来潮，送武教授一首打油诗：

武功赖磨砺，
杰构须自创。
新意出慧心，
书香溢八方。

孤微子 苗东升

2014 年 6 月 25 日 于泊静斋

目 录

第一版序言	徐永华 (I)
-------------	-----------

第二版序言	苗东升 (III)
-------------	-------------

第一章 导 言	(1)
---------------	-------

一 什么是学科?	(1)
----------------	-------

(一) 学科的定义及其特征	(1)
---------------------	-------

(二) 交叉科学的基本分类	(3)
---------------------	-------

二 学科的两大学统及其转换	(5)
---------------------	-------

(一) 以对象为中心的学科系统	(6)
-----------------------	-------

(二) 以问题为中心的学科系统	(7)
-----------------------	-------

(三) 从对象系统向问题系统的转换	(11)
-------------------------	--------

三 跨学科研究与非线性科学	(15)
---------------------	--------

(一) 跨学科研究的含义和实际应用	(16)
-------------------------	--------

(二) 跨学科研究产生和成功的原因	(23)
-------------------------	--------

(三) 非线性科学带给我们的启示	(31)
------------------------	--------

(四) 跨学科研究的基本特征	(40)
----------------------	--------

第二章 几何学与物理学	(43)
-------------------	--------

一 欧氏几何与古典物理学	(44)
--------------------	--------

(一) 欧几里得与托勒密	(44)
--------------------	--------

(二) 哥白尼与开普勒	(46)
-------------------	--------

(三) 伽利略与牛顿	(49)
------------------	--------

二 黎曼几何与近代物理学	(52)
(一) 非欧几何的建立	(52)
(二) 狭义相对论的建立	(55)
(三) 广义相对论的建立	(58)
三 纤维丛理论与现代物理学	(63)
(一) 规范场概念的诞生	(63)
(二) 杨-米尔斯规范场	(66)
(三) 纤维丛理论与规范场	(72)
(四) 杨-米尔斯场的实验检验	(79)
四 几点结论	(83)
(一) 相信世界在本质上是可认识的	(86)
(二) 创造性的原理存在于数学之中	(86)
(三) 对称性支配相互作用	(88)
(四) 物理学的几何化思想	(90)
(五) 真正的物理定律不可能是线性的	(92)
 第三章 物理学与经济学	(96)
一 经济系统的复杂性特征	(97)
(一) 组元特征的复杂性	(97)
(二) 开放导致的复杂性	(98)
(三) 结构关系的复杂性	(99)
(四) 环境作用的复杂性	(100)
二 经典力学与古典、新古典经济学	(101)
(一) 经典力学与牛顿模式	(102)
(二) 古典、新古典经济学	(107)
(三) 传统经济学的主要特征	(117)
(四) 传统经济学的局限性	(122)
三 量子力学与西方经济学的三次革命	(125)
(一) 量子力学及其主要特征	(126)
(二) 西方经济学的三次革命	(138)
(三) 凯恩斯革命的主要特征	(142)

四 混沌学与非线性经济学	(145)
(一) 建立非线性运行机制	(147)
(二) 把握非均衡系统常态	(148)
(三) 寻求确定性混沌规律	(151)
 第四章 经济学与生态学	(155)
一 一场空前险恶的生态劫难	(155)
(一) 生物圈与生态环境的形势分析	(156)
(二) 当今人类面临的五大环境问题	(162)
(三) 当今生态环境危机的三大特征	(168)
二 生态危机内在本质的探寻	(173)
(一) 人类活动引起自然生态的失衡	(173)
(二) 两种生产力之间矛盾的尖锐化	(179)
(三) 生态危机本质上是人的生存危机	(183)
三 关于人类中心主义的争论	(185)
(一) 人类中心主义的形成及其内涵	(186)
(二) 人类中心主义的传统理念	(188)
(三) 人类中心主义的现代形态	(192)
(四) 对人类中心主义的批判与反思	(194)
四 当今生态危机的真正根源	(200)
(一) 主体能动性的异化	(200)
(二) 主体能动性异化的表现形式	(202)
(三) 经济全球化对生态环境的影响	(205)
五 解决生态危机的基本思路	(207)
(一) 建立一种全新的“大自然观”	(207)
(二) 建立一种全新的“大生产观”	(209)
(三) 建立一种全新的“大社会观”	(210)
 第五章 从平衡到非平衡	(214)
一 经典力学的研究方法	(214)
(一) 机械运动与力的概念	(215)

(二) 静力学研究力系的平衡问题	(216)
(三) 动力学研究力与运动的关系	(219)
二 平衡与非平衡是研究复杂系统的方法	(222)
(一) 平衡是系统相对稳定的阶段	(222)
(二) 非平衡是系统演化的原因	(224)
(三) 平衡与非平衡的辩证关系	(227)
(四) 相互作用的多样性与平衡的复杂性	(231)
三 耗散结构理论与非平衡自组织演化	(233)
(一) 两类不同的有序结构	(234)
(二) 耗散结构理论的建立	(242)
四 协同学与非平衡自组织演化	(251)
(一) 非平衡相变与平衡相变	(252)
(二) 竞争与协同	(255)
(三) 序参量与伺服	(258)
(四) 合作机制的建立	(260)
五 “非平衡是有序之源”的讨论	(264)
(一) 非平衡与系统的开放性	(264)
(二) 非平衡与对称性破缺	(267)
(三) 非平衡与差异的普遍性	(271)
(四) 非平衡与自组织演化	(274)
 第六章 从线性到非线性	(279)
一 线性与非线性的由来及特征	(279)
(一) 线性及其特征	(280)
(二) 非线性及其特征	(285)
二 因果关系的等当与非等当性	(291)
(一) 线性因果性	(291)
(二) 非线性因果性	(297)
三 事物发展的统一性与多元化	(307)
(一) 统一性与多元化的探析	(308)

(二) 非线性创造万物和生命	(318)
四 几点启示	(335)
(一) 非线性是世界持续发展和社会进步的基本前提	(335)
(二) 非线性是将一元论与多元化相统一的一种方式	(338)
(三) 非线性是加深理解物质和意识关系的有力武器	(342)
 第七章 从存在到演化	(349)
一 存在是指什么?	(350)
(一) 存在范畴的提出	(350)
(二) 存在意义的考析	(354)
(三) 存在领域的分割	(358)
二 物质的客观实在性	(364)
(一) 物质范畴的探析	(365)
(二) 世界的物质统一性	(368)
(三) 物质的无限可分性	(373)
(四) 物质形态的多样性	(379)
三 物质存在的系统性	(389)
(一) 系统的定义与特征	(390)
(二) 系统的基本类型	(394)
(三) 系统的基本原理	(396)
四 物质系统的层次性	(403)
(一) 层次结构的普遍性	(404)
(二) 层次结构的基本特点	(408)
(三) 层次结构的结合度	(411)
(四) 层次结构的因果链	(414)
五 系统演化的过程性	(416)
(一) 宇宙和天体的起源与演化	(417)
(二) 地球的形成与演化	(421)
(三) 生命的起源与演化	(423)
六 系统演化的方向性	(427)

(一) 时间之矢与不可逆性	(427)
(二) 不可逆在演化中的作用	(431)
(三) 进化与退化的统一性	(434)
七 系统演化的自组织性	(441)
(一) 自组织概念的提出及含义	(441)
(二) 自组织演化的过程与途径	(444)
(三) 自组织形成的根据和条件	(447)
第八章 非线性是世界的本质	(452)
一 物理世界的本质是非线性的	(453)
(一) 经典物理学中的非线性问题	(453)
(二) 广义相对论的非线性本质	(459)
(三) 量子力学线性与否的争论	(460)
(四) 规范场理论也是非线性的	(462)
二 复杂世界中的相干结构——孤子	(464)
(一) 从罗素的孤波到孤子	(465)
(二) 自然界其他相干结构	(468)
(三) 孤子的生成演化机制	(471)
(四) 孤子的科学文化特征	(475)
三 确定性系统的无规则运动——混沌	(479)
(一) 混沌的含义及其演变	(479)
(二) “混沌之父”——洛伦兹	(482)
(三) 马康姆戏说混沌	(488)
(四) 确定性混沌的基本特征	(490)
四 现实世界中的几何体——分形	(495)
(一) 几种有代表性的分形体	(496)
(二) 芒德勃罗分形几何的创立	(501)
(三) 分形几何与复杂性研究	(506)
(四) 分形结构的复杂性特征	(515)

第九章 非线性是事物发展的终极原因	(523)
一 非线性是系统复杂性之根源	(524)
(一) 简单性原则的局限性	(525)
(二) 简单规则导致复杂行为	(533)
(三) 非线性与系统复杂性	(538)
二 非线性是系统结构有序化之根本	(545)
(一) 序的概念和有序度的描述	(546)
(二) 有序与对称性破缺的关系	(551)
(三) 非线性与系统结构的有序化	(564)
三 非线性是人类创造性思维之源泉	(576)
(一) 非线性现象带给人们的思考	(577)
(二) 发散思维与收敛思维张力常新	(582)
(三) 从构成论向生成论的范式转换	(586)
四 非线性是事物运动发展之终极原因	(592)
(一) 线性相互作用的“绝境”	(593)
(二) 非线性相互作用的机制	(595)
第十章 非线性提供了一种新的思维方式	(599)
一 传统自然科学的局限性	(600)
(一) 分科的知识体系	(600)
(二) 机械论的自然观	(602)
(三) 还原分析的方法	(604)
二 迈向一种新的思维方式	(606)
(一) 非线性系统的基本特征	(607)
(二) 非线性科学引起的变革	(609)
(三) 几种主要的非线性方法	(615)
三 科学向辩证思维的复归	(618)
(一) 恩格斯关于科学向辩证思维复归的思想	(619)
(二) 普里戈金关于科学系统演化的三形态说	(620)
(三) 从形而上学思维到辩证思维的复归	(625)

四 非线性思维的基本内涵	(627)
(一) 线性思维与非线性思维概念的提出	(628)
(二) 把思维对象作为非线性系统来识物想事	(630)
(三) 把思维过程作为非线性系统来规范运作	(633)
五 非线性思维的内在机制	(636)
(一) 两可图识别的非线性机理	(636)
(二) 直觉产生的非逻辑特征	(639)
(三) 灵感形成的非线性机理	(645)
六 复杂性科学的哲学启示	(652)
(一) 复杂性科学的学科特征及其社会影响	(653)
(二) 复杂性科学在当代语境下的哲学启示	(658)
(三) 中国传统文化对复杂性研究的现实意义	(673)
外国人名译名及对照	(690)
参考文献	(699)
第一版后记	(724)
第二版后记	(726)