

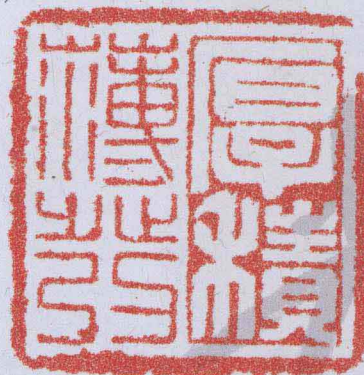
教育部哲学社会科学研究后期资助项目

非线性学习： 数字化时代的学习创新

Nonlinear Learning: The Innovation of
Learning in Digital Age

○ 王继新 等著

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



教育部哲学社会科学研究后期资助项目

非线性学习： 数字化时代的学习创新

FEIXIANXING XUEXI:
SHUZHUA SHIDAI DE XUEXI CHUANGXIN

○ 王继新 郑旭东 黄涛 著



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图书在版编目 (C I P) 数据

非线性学习：数字化时代的学习创新/王继新等著. —
北京：高等教育出版社，2012. 9

ISBN 978 - 7 - 04 - 032725 - 0

I. ①非… II. ①王… III. ①教育技术学 IV. ①G40 - 057

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 226888 号

策划编辑 李海风
责任校对 姜国萍

责任编辑 李海风
责任印制 韩 刚

封面设计 张 志

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司
开 本 787×1092 1/16
印 张 14
字 数 250 千字
插 页 2
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2012年9月第1版
印 次 2012年9月第1次印刷
定 价 38.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。
版权所有 侵权必究
物 料 号 32725-00

总 序

哲学社会科学是探索人类社会和精神世界奥秘、揭示其发展规律的科学，是我们认识世界、改造世界的有力武器。哲学社会科学的发展水平，体现着一个国家和民族的思维能力、精神状态和文明素质，其研究能力和科研成果是综合国力的重要组成部分。没有繁荣发展的哲学社会科学，就没有文化的影响力和凝聚力，就没有真正强大的国家。

党中央高度重视哲学社会科学事业。改革开放以来，特别是党的十六大以来，以胡锦涛同志为总书记的党中央就繁荣发展哲学社会科学作出了一系列重大决策，党的十七大报告明确提出：“繁荣发展哲学社会科学，推进学科体系、学术观点、科研方法创新，鼓励哲学社会科学界为党和人民事业发挥思想库作用，推动我国哲学社会科学优秀成果 and 优秀人才走向世界。”党中央在新时期对繁荣发展哲学社会科学提出的新任务、新要求，为哲学社会科学的进一步繁荣发展指明了方向，开辟了广阔前景。在全面建设小康社会的关键时期，进一步繁荣发展哲学社会科学，大力提高哲学社会科学研究质量，努力构建以马克思主义为指导，具有中国特色、中国风格、中国气派的哲学社会科学，推动社会主义文化大发展大繁荣，具有十分重大的意义。

高等学校哲学社会科学人才密集，力量雄厚，学科齐全，是我国哲学社会科学事业的主力军。长期以来，广大高校哲学社会科学工作者献身科学，甘于寂寞，刻苦钻研，无私奉献，开拓创新，为推进马克思主义中国化，为服务党和政府的决策，为弘扬优秀传统文化、培育民族精神，为培养社会主义合格建设者和可靠接班人作出了重要贡献。本世纪头 20 年，是我国经济社会发展的重要战略机遇期，高校哲学社会科学面临着难得

的发展机遇。我们要以高度的责任感和使命感、强烈的忧患意识和宽广的世界眼光，深入学习贯彻党的十七大精神，始终坚持马克思主义在哲学社会科学的指导地位，认清形势，明确任务，振奋精神，锐意创新，为全面建设小康社会、构建社会主义和谐社会发挥思想库作用，进一步推进高校哲学社会科学全面协调可持续发展。

哲学社会科学研究是一项光荣而神圣的社会事业，是一种繁重而复杂的创造性劳动。精品源于艰辛，质量在于创新。高质量的学术成果离不开严谨的科学态度，离不开辛勤的劳动，离不开创新。树立严谨而不保守，活跃而不轻浮，锐意创新而不哗众取宠，追求真理而不追名逐利的良好学风，是繁荣发展高校哲学社会科学的重要保障。建设具有中国特色的哲学社会科学，必须营造有利于学者潜心学问、勇于创新的学术氛围，必须树立良好的学风。为此，自 2006 年始，教育部实施了高校哲学社会科学研究后期资助项目计划，旨在鼓励高校教师潜心学术，厚积薄发，勇于理论创新，推出精品力作。原中央政治局常委、国务院副总理李岚清同志欣然为后期资助项目题字“厚积薄发”，并篆刻同名印章一枚，（原）国家图书馆名誉馆长任继愈先生生前亦为此项目题字“生也有涯，学无止境”，此举充分体现了他们对繁荣发展高校哲学社会科学事业的高度重视、深切勉励和由衷期望。

展望未来，夺取全面建设小康社会新胜利、谱写人民美好生活新篇章的宏伟目标和崇高使命，呼唤着每一位高校哲学社会科学工作者的热情和智慧。让我们坚持以马克思主义为指导，深入贯彻落实科学发展观，求真务实，与时俱进，以优异成绩开创哲学社会科学繁荣发展的新局面。

教育部社会科学司

序

近年来，非线性科学引起人们广泛的兴趣。信息技术的飞速发展提供了观察探索非线性现象的有利条件，学习中的非线性现象也受到了关注，非线性学习的概念应运而生。

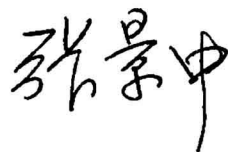
研究探索的学习方式，一直受到重视和推崇。在信息化环境下，这种主动积极的学习方法得到了空前的强有力的支持。“学”与“教”过程中的非线性特色更加突出。什么是非线性学习的特色？《非线性学习：数字化时代的学习创新》的作者提出，非线性学习具有“学习内容的非系统性、学习时间的碎片性、知识传递的拖拉式、知识建构的主动性”四大特点，令人耳目一新。

教育技术学作为一个以技术促进学习为目标的研究与实践领域，关注非线性学习是题中应有之义。据我所知，本书是国内较早系统研究和阐述非线性学习理论与方法及其应用的著作。作者从教育技术学的视角，借鉴和吸收了当代教育与心理科学、信息科学与技术、非线性科学与复杂系统控制、组织管理与变革等多学科领域的最新成果，对非线性学习进行了全方位的理论探索，提出了一系列新颖的观点。书中首先对非线性学习概念进行了总体把握，探讨了非线性学习的内涵与特点，阐述了非线性学习的过程与模式及其内在机理，从认知灵活性理论的视角探索了非线性学习的实践方法；而后通过勾画学习科学的崛起从一个更为广阔的视野呈现了非线性学习研究兴起的宏观学科背景；接着构建了非线性学习研究必不可少的三大基石，即复杂系统与控制、信息科学与技术、认知与神经科学。在此基础上，作者进一步把非线性学习研究推向深入，讨论了非线性学习研究的新方法、非线性学习空间的设计与创建、社会性媒体在非线性学习中的应用、

非线性学习共同体的建设与发展、非线性学习与学习型组织的建设、非正式环境下的强健式非线性学习、非线性学习中的动机激发以及非线性学习的管理和评价等重重问题。

《非线性学习：数字化时代的学习创新》一书具有较强的创新性，在有关非线性学习的一系列重要理论问题上形成了独具特色的观点，展示了作者在这一问题上较深厚的研究功力和较强的学术洞察力。当然，书中的理论和观点还是有待实践检验的一家之言，作者也在从事有关的教育实践。读者通过阅读此书，对教育技术将有更深刻和更丰富的理解与认识，如能进而提出新的看法，那就是更可喜的收获了。

中国科学院院士

A handwritten signature in black ink, reading '张景中' (Zhang Jingzhong). The characters are written in a cursive, flowing style.

2011年4月

前 言

非线性科学的崛起及其对社会生活的广泛影响正推动着人类思维方式的重大转变，信息技术的飞速发展使学习从线性向非线性的跨越提供了条件。非线性学习正在成为一种重要的学习实践形态，非线性学习研究理应成为当代学习研究的一项重大课题。20 世纪 90 年代以来，学习科学这一多学科交叉的研究领域在当代教育与心理科学研究之林的迅速崛起为非线性学习研究提供了一个基本的学科背景，而复杂系统与控制、信息科学与技术、认知与神经科学取得的新进展则为推进非线性学习研究奠定了坚实的知识基础。本书追踪当代学习研究的最前沿，广泛借鉴和吸收多学科领域的最新成果与方法，站在教育技术学这一独特的学科视角，对非线性学习展开了全方位探索。

这本书为我牵头主持的研究小组 2007—2010 年间在非线性学习方面研究成果的系统总结，主要发现体现在以下几个方面：

我们认为：非线性学习是对既有学习方式、教育范式乃至人类思维模式的一种重大超越，体现了当代非线性科学在研究人类自身问题上的重大潜在价值；非线性学习具有显著的数字化特征，是一种技术密集型的新型学习方式，与传统课堂教学环境下的学习有重大而本质的区别；非线性学习的基本特点包括学习内容的非系统性、学习时间的碎片性、知识传递的拖拉式和知识建构的主动性等，具有学习环境的开放性、学习过程的随机性、学习行为的突变性和学习结果的不可预测性等显著特征；它可以实现与人类大脑思维加工模式的完美同构，因此特别有利于复杂知识领域的学习。

我们把学习空间的概念引入了非线性学习，提出了“非线性学习空间”的概念，在

非线性学习空间的模式、设计与建设上形成了一套新的思路——以学习空间作为变革主体，推动教育与学习方式的变革，从而超越了传统学习研究领域内对学习环境的认识。另外，我们还把社会性媒体引入了非线性学习的实践中，推进了在非线性学习框架下对学习实践具有的社会性、文化性、交往性的认识，并以此为基础探索出了一条在非线性学习中建设与发展学习共同体以及创建学习型组织的新道路。

由于非线性学习研究是一个刚刚兴起的研究课题，尽管引起了学术界同仁的广泛关注，但真正有深度的实质性研究成果还并不多见。即使在国际学术界，对非线性学习的研究也处于起步阶段。本书虽然在非线性学习的内涵与模式，以及非线性学习的方法与应用方面做了一些初步探索，但还远远不够，未来尚需要对非线性学习的原理、非线性动力学理论以及非线性学习案例以及系统设计与实现进行进一步研究。

本书是一本对非线性学习进行系统考察的学术专著，可作为教育技术学专业研究生的选修教材，也可作为相关科技人员参考用书。

本书的研究及撰写得到了 2009 年度教育部哲学社会科学研究后期资助项目的资助，并得到了华中师范大学党委书记丁烈云教授、华中师范大学社科处石挺处长的热情鼓励 and 大力支持，在此表示衷心感谢！

由于非线性学习研究是一个全新的研究课题，因时间紧迫，再加上作者学识有限，尽管付出了巨大努力，但谬误之处还是在所难免，敬请各位读者批评指正，共同推进对非线性学习的研究。

王继新

2011 年 12 月

目 录

第一章 非线性学习概论	1
一、非线性学习概念的提出与界定.....	1
二、非线性学习的基本原理.....	3
三、非线性学习的动力学与一般模式.....	5
四、非线性学习的认知机理分析.....	8
五、非线性学习的概念模型与方法举要.....	11
六、非线性学习的工具与空间.....	13
第二章 非线性学习研究兴起的背景——学习科学的崛起	17
一、学习科学形成与发展的基本历史线索.....	17
二、由应用激发的基础研究：学习科学的学科性质.....	22
三、当代学习研究面临的挑战.....	28
第三章 非线性学习研究的三大基石	33
一、复杂系统与控制.....	33

二、信息科学与技术·····	42
三、认知神经科学·····	47
第四章 非线性学习研究的新方法：基于设计的研究 ·····	53
一、学习研究方法论创新的探索·····	53
二、基于设计的研究的正式诞生·····	56
三、两大研究传统的碰撞与融合·····	58
四、基于设计的研究面临的挑战·····	62
第五章 非线性学习空间 ·····	67
一、作为变革主体的非线性学习空间：概念与特征·····	67
二、非线性学习空间的实践模式·····	71
三、非线性学习空间的设计·····	79
四、非线性学习空间的建设·····	88
五、非线性学习的实体空间、虚拟空间和交往空间·····	94
第六章 社会性媒体在非线性学习中的应用 ·····	109
一、学习与媒体的历史纷争与现实困境：学媒大辩论的思想启示·····	109
二、新媒体的崛起与学习的革命：六度分隔、社会性网络服务与 社会性媒体·····	116
三、推特、脸谱网等新兴社会性媒体在非线性学习中的应用·····	122
第七章 非线性学习共同体的建设与发展 ·····	129
一、非线性学习共同体的相关概念·····	129
二、非线性学习共同体的要素与设计理念·····	131

三、非线性学习共同体的生成与发展·····	134
四、非线性学习与学习型组织的创建·····	138
第八章 非正规环境下的强健式非线性学习 ·····	143
一、非正规学习与强健式学习·····	143
二、非正规环境下的非线性学习研究·····	148
三、强健式学习的研究进展与非线性学习·····	151
第九章 非线性学习中的动机激发与保持 ·····	157
一、学习动机的基本理论内涵与分类·····	157
二、动机与非线性学习的复杂关系·····	164
三、非线性学习中动机的激发策略·····	168
四、ARCS 模型在非线性学习动机激发中的应用 ·····	175
第十章 非线性学习中的管理与评价 ·····	181
一、非线性学习中的个人知识管理·····	181
二、非线性学习中的学习管理系统·····	186
三、非线性学习评价的特点与内容·····	191
参考文献及著作 ·····	197
中文部分·····	197
外文部分·····	199

第一章 非线性学习概论

现代信息技术的迅速发展及其对教育和学习实践的深度参与，催生了各种各样的学习新样式。探究性学习、网络化学习、数字化学习、在线学习、强健式学习、体验性学习等学习的新概念相继涌现。但是，这些术语都是从某一个方面刻画了信息化环境下学习实践的特征，却没有能够把握和揭示这种新型学习实践的实质。学习研究使用的术语五花八门，固然体现了信息技术环境支撑下学习实践的多样化及当代学习研究的繁荣，但术语的不统一同时也使学习的概念缺乏区分效度，不同的学习研究之理论取向并存，使我们难以构建起一个完整和一体化的学习研究体系与模式，这显然不利于学习研究在多元中走向统一。非线性学习的概念正是在这种情况下才应运而生。

一、非线性学习概念的提出与界定

自学习研究从一种“猜想”变成一门“科学”以来，^①在西方近代科学思维的主导下，无论是学习的实践还是人们对学习的认识都带有一种非常浓厚的线性色彩。传统意义上的教科书、课程和教育系统自身都是近代科学之机械论和工业革命之大生产的产物。而学习则被视为一个严密的逻辑推理和演绎叙述过程，它环环相扣，从低级到高级，由简

^① Bransford, J.. *How People Learn : Brain, Mind, Experience, and School* [M]. Washington, D.C. : National Academies Press, 2000 : 3-30.



单到复杂,从局部到整体,呈线性展开,在空间和时间上都表现为一种规则和光滑的运动,其最显著的特征是工业流水线式的线性化和标准化。显然,这样的学习系统是个相对封闭、线性和可预测的确定性系统,它不能解释动态、复杂与高度个性化的学习现象。然而,20世纪后半叶以来,非线性和复杂性科学的崛起却让人们对自然的简单和现行之经典描述彻底决裂。“确定性的终结”让科学与文化之全新自然法则诞生。^①在这种科学新思潮的影响下,学习的实践本身以及人们对学习的认识自然也面临着科学的革命与范式的变迁。^②从根本上讲,纯粹意义上的线性学习是不存在的。再简单的学习也有着为我们目前所远不能够彻底认识的复杂机制。因此,在现实中就存在着学习系统的线性与学习过程的非线性、信息输入的确定性与思维的非预测性、预定学习过程的封闭性与实际学习内容的开放性等等矛盾。在对学习的大脑和神经机制尚未彻底认清的情况下,要想准确把握复杂的学习实践,解决上述种种矛盾,必须彻底转变学习研究与实践的思维模式。从非线性科学秉持的有机论和生成论观点看,现实系统构成要素的不确定性和复杂性势必要把学习的实践推向非线性之境界。当代信息技术的全面崛起及其对人类思维方式的深刻影响正在让传统线性的学习方式走向瓦解,一种非线性的学习新境界呼之欲出。正是在这一意义上,我们才提出:信息技术支撑的学习实践最显著的特征在于其非线性和超文本的思维与学习活动,非线性是本质所在,而其余诸如探究性、网络化、强健式、数字化、体验式等等只不过是外在表象而已。因此,只有使用非线性学习的概念才能准确概括和全面把握当前之新型学习实践的实质,进而开辟当代学习研究的新境界。

笔者认为,非线性学习作为对信息时代之学习实践在最高和最根本之层次上的概括性描述,它是以非线性科学的思想方法为指导,以教育认知与神经科学与基石,以现代信息科学与技术为支撑,以复杂领域知识之习得为主要目标的一种新型学习形态。它具有学习时间的碎片性、学习空间的多样性、学习内容的离散性、信息传递的拖拉性以及知识建构的主动性等多种特征。^③学习时间的碎片性。传统教学是以教师、课堂和书本为中心的,^④授课时间集中、统一,因此学生只能在规定的时间内进行学习。而在非线性学习中,学习时间的安排则是高度个性化的,学习者可以从自己的实际情况出发,在不同的时间片段内,围绕同一个主题进行学习,因此在时间上呈现出间断的离散性特点。正

① Prigogine, I. & Stengers, I.. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature* [M]. New York: Free Press, 1997: 26-30.

② Dryden, G. & Vos, J.. *The Learning Revolution: To Change the Way the World Learns* [M]. Network Educational Press, 2001: 1-13.

③ 王策三. 教学论稿 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1983: 7.

是这种离散性率先从时间的维度打破了传统学习实践中的线性特征。② 学习空间的多样性。当代信息技术的崛起给学习营造了一个全新的具有整合性的空间环境。在这个空间环境里,虚拟和现实两个世界以技术为桥梁实现了汇通,从而给非线性学习实践的展开提供了一个多样性的空间场所。尤其值得指出的是,超媒体技术以非线性的方式呈现信息,让学习者能控制自己的步调,并提供了多样化的探究支持,让他们可以从任何一个点切入学习进程,从而使其整个学习轨迹呈现出复杂网络的特征。③ 学习内容的离散性。在传统的教学和学习模式下,学习内容都是严格按教学大纲和教材的要求,以线性的顺序进行的,除了按部就班地学习这些内容之外,学习者别无选择。对于数字技术支撑的非线性学习来说,学习内容在整个学习空间和知识空间中的分布远不是集中式的,而是分布式的,随机通达式的学习让学习者能够从任何一点进入这些内容,并从一个内容跳跃到另一个内容之上,使其对学习内容的选择具有极大的自主性和灵活性。④ 拖拉式的信息传递。传统教学以教师为中心,知识传递以教师的课堂讲授为主,教师向学生灌输书本上的学习内容,而学生只能被动接受。而非线性学习则以学习者为主体,提倡学习者利用信息技术手段对学习内容进行主动获取,它是一种拖拉式的信息传递过程。⑤ 知识建构的主动性。传统教学主要基于行为主义的学习理论,重视对学习内容的机械重复和强化训练,适合于简单之良构知识的学习;而非线性学习则基于建构主义的学习理念,重视学习者内部心理过程的主动建构,因此特别适合于劣构知识的学习。①

二、非线性学习的基本原理

20 世纪 80 年代以来,“非线性风暴”席卷了西方科学界,迅速成为科学发展的前沿和热点。② 非线性科学的产生标志着人类认识由线性领域进入非线性领域,是人类认识史上的一次巨大飞跃。它揭示出来的新事实、新特点和新规律打破了以牛顿物理学等经典科学为理论依据的传统教育之壁垒,为非线性学习的产生提供了肥沃的思想土壤。和传统的线性学习方式相比,非线性学习无论是时间还是空间都发生了非常重要的变化,从而给我们呈现了不同的学习新景观。笔者认为,非线性学习的这种时间和空间变换构成了其最重要的原理之一——时空变换原理,如图 1.1 所示。从生成论的视角来看,传统

① 王继新,黄涛.论非线性学习的模式与方法[J].中国电化教育,2009(4):6~8.

② 李曙华.从系统论到混沌学:信息时代的科学精神与科学教育[M].桂林:广西师范大学出版社,2002:210.



线性的学习方式要么沿着时间轴演化，要么沿着空间轴发展。沿时间轴线性演化的学习构成了“因时而异”式（just in time）的学习，它意味着学习应贯穿于人的一生之中，其最高境界即终身学习；沿空间轴演化的学习则构成了“因事而异”式（just in case）的学习，它意味着学习应超越传统正式的学校教育情境，实现正式与非正式学习的整合与协调发展。而对于非线性学习而言，其演化发展在时间和空间两个维度上同时展开，从而呈现了一种与以上两种学习都不同的学习新景观，传统的同步、以课堂为基础的学习被异步、以计算机网络为基础的学习以及无处不在的学习机会所取代。从这一意义上讲，正是基于这种时空变换，非线性学习才超越了“因时而异”和“因事而异”的学习实践，达到了“因人而异”（just for you）的个性化学习之新境界。

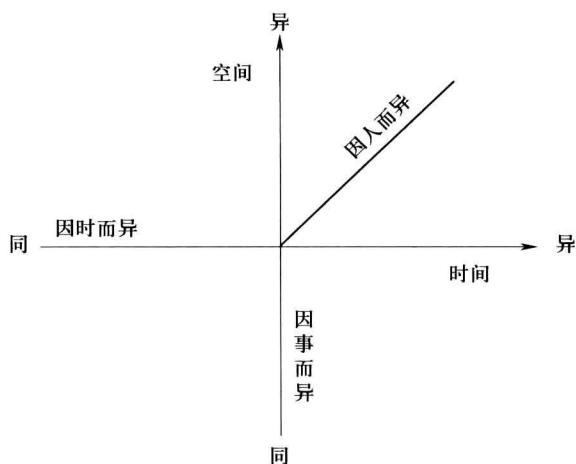


图 1.1 非线性学习的时空变换原理

除了时空变化之外，在非线性科学中，混沌理论对非线性学习实践之思想方法的影响首屈一指。混沌是非线性系统特有的现象。所谓混沌，是系统内在的非线性动力产生的不规则的宏观时空行为。^①混沌是非线性系统中普遍存在的一种现象，也是非线性系统特有的一种复杂状态，它揭示了系统生长的动力机制，对我们理解非线性学习系统的生长与展开具有重要意义。因此，非线性学习的另外一项基本原理即是以混沌理论为基础构建起来的混沌原理。混沌理论认为，尽管世界从某种程度上讲是确定、必然和有序的，但从根本上讲它是随机、偶然和无序的，有序运动会产生无序，而无序运动又包含着更高层次的有序。林恩·戴维斯（Lynn Davies）认为，既然混沌是在一切领域中都存在的正常现象，那么教育也不例外，自然可以用混沌理论来研究教育和学习问题。^②从混沌理

① Alligood, K. T. & Sauer, T. & Yorke, J. A. *Chaos : An Introduction to Dynamical Systems* [M]. Springer, 1997 : 105–148.

② Davies, L. *Education and Conflict : Complexity and Chaos* [M]. New York : Routledge, 2004 : 1–19.

论的视角来看,无论是宏观层次上的学校教育,还是微观意义上的个体学习,它们都是一个混沌的动态复杂系统,而技术对教育系统的介入更是进一步加剧了混沌和有序这二者之间关系的复杂程度,从而让学习变得更加多姿多彩。从混沌理论的视野来看,非线性学习是一个非常复杂的系统,系统包含的变量不仅为数众多,而且相互之间的联系也纷繁复杂,因此系统对初始条件具有非常大的敏感性,在非线性学习展开的过程中,任何一点细微的变化都会引起其他变量乃至整个系统结果的不规则、不均匀变化,从而导致“蝴蝶效应”的出现。这让面向非线性学习的教学设计面临着更加严峻的方法论挑战,基于经典线性科学的客观主义决定论必须让位于基于非线性科学的建构主义生成论。

如果说非线性科学揭示了非线性学习系统生成演化的普遍规律,那么自组织理论则为我们追寻非线性学习系统之新结构诞生的奥妙提供了钥匙。从自组织理论的视角来考察非线性学习的实践,可以获得关于非线性学习的第三条基本原理——自组织原理。自组织理论主要包括耗散结构论、协同学、超循环理论以及突变论等,它突破了以往科学以机械运动为基础的他组织系统的局限,而将科学关注的重心转向自然自发的生成演化,从而转向具有内在进化动力和机制的自组织系统。^①从这一意义上讲,正是自组织理论赋予了非线性学习实践生生不息的强大生命力。首先,耗散结构论要求非线性学习的系统必须是开放的,能同外界进行物质与能量的交换,以引入负熵抵消自身的熵增,从而走向有序。因此,非线性学习需要不断输入大量学习资源以满足学习者的需要,否则将无法实现从混沌无序走向有序,实现非线性学习实践的可持续性发展。其次,协同学回答了在非线性学习之系统演化的突变点上,各子系统是如何通过自组织而形成新的有序结构的。第三,超循环理论作为直接建立在生命系统生成演化基础之上的自组织理论,它直接回答了生命如何从无生命中起源的问题,作为超循环结构的非线性学习系统不仅能自我再生,自我复制,而且还能自我选择,自我优化,从而向更高的有序状态迈进。最后,非线性学习是一个复杂系统,突变论作为一种对系统生成演化中的突变现象进行研究的新兴学科,为我们把握非线性学习进程中学习绩效之量变和质变的关系,在非线性学习的设计中创造以突变方式促进学习质变的时机提供了指南。

三、非线性学习的动力学与一般模式

非线性学习遵循复杂系统的非线性动力学原理。动力学系统研究的是系统随时间变

^① 李曙华. 从系统论到混沌学: 信息时代的科学精神与科学教育 [M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 2002: 118.