

催化与涌现：产业创新模式的新探索

张 贵, 张佳利

(河北工业大学 管理学院, 天津 300401)

摘 要:基于复杂适应系统中的涌现机理,引入化学催化反应方程式,重点围绕“制度‘催化’创新—产业瓶颈突破—整体推进‘涌现’创新—产业跨越发展”的研究思路,探讨了产业创新新行为。在此基础上,构建了产业创新的新模型,建立产业链催化与涌现模式,并指出了制度安排在产业创新过程中的重要作用。

关键词:复杂适应系统;涌现机理;产业创新;产业链;创新新模式

DOI:10.6049/kjbydc.2011100458

中图分类号:F062.9

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2012)17-0056-05

0 引言

当前,我国工业经济发展处在变革的“十字路口”。工业经济发展存在非持续性及非适应性因素,本土产业的比较优势(生产要素:如人力、资本等)逐步消失。我国大多数产业处于“微笑曲线”的中间地带,处在转型变革的十字路口,必须通过自主创新建立拥有自主知识产权的产业链条,树立我国的产业地位。本文借鉴复杂适应系统(CAS)中的涌现机理,探求我国产业创新的新模式。

1 基于复杂理论的创新研究综述

复杂性科学作为“21 世纪的科学”,其理论已引起各领域学者的极大关注。1994 年霍兰提出复杂适应系统理论,为研究各种复杂问题提供了新视角。霍兰德认为,“CAS是由规则描述的,相互作用的主体组成的系统。这些系统随着经验的积累,靠不断变换其规则来适应”,“适应造就复杂性”。

国外的相关研究主要以技术创新为主, Gregory A Daneke^[1]研究了非线性经济和美国创新系统的进化过程,它用非线性理论、自组织理论丰富了熊彼特创新理论,认为技术创新作为经济增长的中心,将对其它社会要素产生重要的影响。Rycroft 和 Kash^[2]从技术、生产和组织 3 个方面分析了技术创新向复杂性的转变。Koen Frenken^[3]认为创新的成功依赖于生产者、用户和

政府在网络中交互的能力。Lee Fleming 和 Olav Sorrenson^[4]利用 NK 模型和 CAS 理论研究了技术的发明,证明个体间的相互依赖程度对技术发明的成功起决定作用。Chiles 等^[5]认为,技术创新集群不只是具备区位优势、创新能力、竞争优势等静态特征,它更是在独特的企业家精神作用下的复杂动态过程。集群规模的扩大、集群效应的发挥、企业能力的提高等都可以用涌现来解释。

我国学者应用复杂理论,从不同角度研究创新问题。在早期,复杂性理论主要用于研究企业创新管理。曹庆仁、宋学锋^[6]将企业看作是一个复杂动力系统,认为企业创新管理应该建立在组织氛围的激发和维持、组织矛盾的管理和控制的基础之上。董静、苟燕楠^[7]结合创新项目的复杂性,提出了修正法和选择法两种管理模式,并基于成本和价值分析了两种管理模式的适用性。

在创新模式方面,牛建涛^[8]基于复杂适应系统(CAS)理论,对物流企业科技创新行为模式进行了论证,指出物流企业科技创新系统是一个复杂适应系统。胡恩华^[9]从复杂适应系统出发,探讨了企业集群的创新思路和创新内容。李锐、鞠晓峰^[10]认为技术创新是一个动态的复杂系统,构建了技术创新系统自组织演化和扩散过程的定量模型。刘丽萍、刘玲玲^[11]基于耗散结构理论,构建以企业为创新主体的合作创新复杂系统模型和知识管理系统模型,探讨合作创新系统有序演化的基本条件和可行性对策。

收稿日期:2011-12-19

基金项目:国家社会科学基金项目(10BJY023);天津市科技发展战略研究计划项目(11ZLZLZT00800);天津市教委社会科学重大项目(2011ZD038)

作者简介:张贵(1971—),男,河北尚义人,河北工业大学管理创新研究中心副主任,研究方向为产业组织、高新技术产业和区域经济;张佳利(1986—),女,河北承德人,河北工业大学管理学院硕士研究生,研究方向为产业组织。

在创新动力方面,毛凯军等^[12]以复杂系统理论为基础,系统地分析了影响企业集群进化的主要动力,总结出企业集群内竞争、合作、有限的不同心智模式、创业氛围、创新氛围和机遇是集群进化的最重要动力。李健、金占明^[13]应用复杂性理论探索产业集群发展的动力,通过对产业集群管理熵的量化,提出通过对产业集群的熵流值、边际管理熵和边际负熵的计算来预测集群的发展和最佳决策时机。乔俊峰^[14]认为产业集群是一个复杂的巨系统,对于其形成机制的研究不能沿用过去单一的、线性的因果作用的研究思路,必须寻找新的理论和模式,才能认识到产业集群形成的真正动力。

目前复杂理论对创新的研究大多关注企业技术水平、企业组织和企业集群等,缺少对创新演进过程中主体多样性、创新模式层次性的研究。基于此,本文围绕产业链条,从催化与涌现角度诠释产业创新,通过对创新系统的分析,结合产业内外部因素构建产业链创新模式。

2 产业创新理论模型

2.1 复杂适应系统及其涌现现象

复杂适应系统的基本概念包括 4 个特性,即聚集、非线性、流和多样性;以及 3 个机制,即标识、内部机制和积木。主体的特性在主体的适应和进化中发挥作用,机制用于实现个体和环境及其他主体的交流。

“聚集”特性要求主体具有协调性,较为简单的主体的聚集相互作用,会涌现出复杂的大尺度行为^[15]。在产业创新中,核心企业与研发中心、合作商、供应商、服务商以价值链为轴心,在空间上形成产业集群,创造了比企业更高一级的主体,充分体现了“聚集”这一特征。

“非线性”即不可叠加,强调主体的反应性,解决了用微观还原论无法诠释的经济学现象。如产业整合不仅保留了个别企业的优良特点,更突出了产业整体具有而个体没有的特征。

“流”在经济学有两种重要的特性,一是乘数效应,二是再循环效应。产业链兼具这两方面特性,信息沿链条从一个结点传输到另一个结点,最终产生一连串的变化,达到产业链创新整合。同时,优化整合的新链条又对原结点产生刺激,推进新一轮的创新整合。

“多样性”是 CAS 恒新性的根源,产业中企业类型、行为、战略和目标等都是多样的。多样性与非线性的结合进一步促进创新主体不断适应外界环境。

复杂系统中机制的作用在于提供规则和模式以实现主体间及其与外部环境的信息交流。积木等同于经济学的模块,产业结点的刻画就遵循模块化原理。标识能促进选择性相互作用,允许主体在不易分辨的主体和目标中进行选择。在产业创新中模块的划分、不同的企业创新模式都充当标识,企业根据模块或类型

不同进行创新模式的选择。内部模型是主体实现某项功能的机制,例如企业在进行创新活动时,创新模式有瓶颈突破、创新扩散、创新分工、产业“一体化”协作等多种选择,企业结合自身特点及其所处的外部环境选择一种或几种模式的组合进行创新,进而发展成为企业所具有的内部模型。这样,当系统内主体接收到大量涌入的输入时,就会选择相应的模式去响应这些输入。

涌现现象存在每一个复杂适应系统中,其概念很简单(整体大于其部分之和),涌现的本质就是由小生大、由简入繁。涌现具有整体性和多层次性,是一种组织效应和结构效应,某一层次涌现的集成可以生成更高层次的涌现,且整体所具有的属性、特征和功能等不能还原到低层次。

综上,笔者认为产业作为一个复杂系统,其创新是系统内具有适应性的主体(企业)沿着整条产业链在内外部环境的相互作用下最终形成的涌现现象。

产业创新并不是个别天才人物的灵机一动,而是系统为适应环境变化所作出的调整,是行为主体相互作用所带来的涌现现象,是在特定创新空间中自发产生的。它是一个系统概念,系统因素是产业创新的决定因素^[16]。

2.2 产业链创新模型的构建

产业链创新模型中的基本概念包括:五方主体、一条轴线和两种最主要创新活动。

(1)五方主体。企业(包括 MNCs 和 SMCs)是创新活动的最主要主体;政府通过传导机制参与创新活动(直接投入、间接投入和制度安排);市场配置创新资源,检验和消费创新成果;科技中介(科技咨询类、创业孵化类和科技成果转化类)从科技成果产生到实现产业化的整个过程中,为科技与经济结合提供必要的信息、链接和平台;高校科研机构主要是开展基础性、公益性以及战略高技术的前瞻性的研究(技术转移和许可)。

(2)一条轴线(产业链)。它依据技术、流程、服务和价值传递的原理,把产业链条分为若干子模块,子模块展开各自的创新活动,并依据不同产业特性将子模块统一起来,实现整体效益倍增。

(3)催化。这是指产业链内外部的创新要素彼此相互作用,形成一个密切关联的、动态的、集群的、开放的有机整体(系统)。产业链内各种创新资源要素的投入,及其对创新行为的“要素活度”,以及企业之间相互作用产生“催化反应”;产业链外部有一系列广泛而复杂的社会资源,融合宏观与微观、纵向与横向、企业与外部环境的交互作用。

(4)涌现。这是产业链复杂系统自组织过程中出现的新的、协同的结构、模式和性质,出现在系统的宏观层次上,是系统整体具有而部分不具有的、全新的现象。由于产业链内企业不完全由系统内部条件决定和

不可完全预测性,而使它们的行为具有显著的涌现性。涌现行为表现为创新瓶颈突破、创新扩散、创新分工、一体化协作等。

本文将化学催化反应原理引入产业链创新活动。催化反应中的“催化剂”可以提高或降低反应速度,呈现出开放性特征,主要包括:经济自由度、外部响应程度、政策临界条件、传导机制和偶发性事件。

本文将创新模型总结为:

$$U = \lim_{p \rightarrow p_i} m f \left[\left(\epsilon \sum_{i=1}^n u_i \right) \mid z, k, s \right] \quad (1)$$

式(1)中 U 表示产业链整体创新; u_i 表示产业链条上各个模块的创新,是产业链创新的主体(主要为企业创新); z, k, s 表示除企业外的四方主体分别为政府行为与政策、科研机构与科技中介和市场,其中把研发机构和科技中介用 k 代替,这些因素在创新过程中发挥催化酶的作用。只有各模块创新成功,加上各种政策引导才能涌现出整体创新。

以 ϵ 表示经济自由度,包括要素流动的效率和频率等内容,涉及贸易政策、财政政策、资本流动等; p 为传导机制的量化指标,主要衡量政府行为和政策的作用效果; p_i 为政策临界值,是相关创新的各类政策和政府行为促使企业产生创新“涌现”的转变点,是一种由量变到质变的临界条件; m 为要素活度,它的大小主要取决于产业链内企业本身的技术水平和管理能力,以及企业之间的协调配合能力。当 $p \rightarrow p_i$ 时, ϵ, m 的程度加强,催化作用显著,涌现出产业整体创新。

根据复杂性理论把产业链作为一个复杂系统,各模块作为创新活动行为主体,其经过催化后涌现的产业链创新效果如下式:

$$U = \{u_1 \cup u_2 \cup \dots \cup u_i\} \quad (2)$$

式(2)符合 $1+1 > 2$,即产业总体创新效果不是各模块创新的线性加总。总体创新包含部分创新的特点但又高于部分创新,产业链的整体创新拥有个别创新不具有的优势,可以更好地发展产业,提高产业竞争力。

借鉴产业生命周期模型,将创新分为 4 个阶段,分别为创新萌芽期、创新涌现期、创新稳定期和 innovation 衰退期(如图 1)。其中有一临界点,本文定义为涌现点,即图中的 A 点,在该点处所有创新因素接近或满足条件,产业会涌现出整体创新,此时创新成果迅速增多,新产品数量急剧增加。

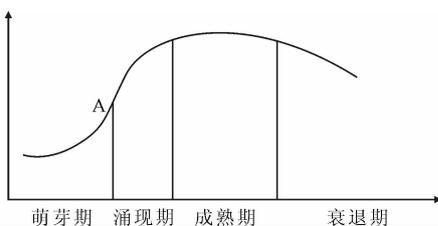


图 1 创新生命周期

3 产业链创新催化涌现反应式

3.1 产业链创新催化与涌现模式

依据产业链创新模型,引用催化与涌现概念,结合复杂系统理论,将模式概括为:技术创新催进企业创新,为企业创新提供技术支撑,企业在与五方主体的相互作用中,其创新活动因政策和政府行为、市场竞争、科研机构等因素的催化作用,通过创新瓶颈突破、创新扩散、创新分工、一体化协作等形式涌现出产业整体层面的创新(如图 2 所示)。

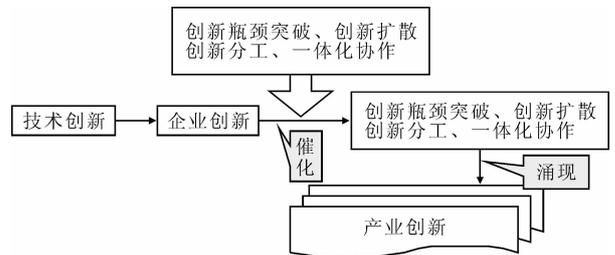


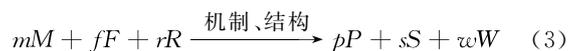
图 2 产业创新催化与涌现的流程

在创新过程中要达到产业层面的创新涌现,催化过程中的政策导向十分重要。无论是哪一种形式的创新突破,政府的作用都在于通过制定政策激发创新者的积极性,引导企业向更高层次的技术突破。而且政府的产权制度、政府拨款、政府采购、政府资助、低息财政贷款等,会减少创新成本,保护创新者利益,达到激励相容,从而为创新者提供良好的外部发展环境。产业链作为一个开发的整体,在外部环境适宜的前提下,系统内部各行为主体各自相互实现创新,并互相促进、交流。当达到涌现点时,就会涌现出整个产业链的创新。政府的催化作用是实现创新涌现的基本前提,正如吴敬琏^[17]所说,“我们热心发展我国的高科技产业,就首先应当热心于落实各项改革措施,建立起有利于高新技术以及相关产业发展的制度,这样的制度安排才是推进技术进步和高新技术产业发展的最强大的动力。”

3.2 产业链创新催化涌现反应式

根据涌现的不同表现形式,引入催化反应,具体分为以下 4 类。

3.2.1 瓶颈突破



其中方程式左边为创新所必须投入的原料、资金和人力等因素;右边为突破瓶颈束缚后,企业所产生的新技术、新工艺。催化酶包括为企业突破创新瓶颈所需的科技中介、研究机构、政府政策和行为。这些因素在一定的产业机制和结构下,科技中介为企业提供创新的信息,以及所需的技术及技术交易渠道,解决技术供给限制的产业创新。研究机构提供技术支持和专业研究人才;政府的作用在于通过制定政策提高创新者

的积极性, 引导企业向更高层次的技术突破。在原始材料具备的条件下, 有了这些催化酶的作用, 无论从企业本身的发展要求, 还是市场竞争的刺激或是政府的激励, 瓶颈的突破速度加快, 从而进一步促进了产业创新。

3.2.2 创新扩散

$$I \xrightarrow{\text{机制}} I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (4)$$

创新的溢出效应会产生两方面的影响: 一方面, 它会引出大量的相关创新, 使创新能够及时地扩散, 从而促进产业形成; 另一方面, 由于溢出效应会为创新者带来利益损失, 降低创新者的积极性。为了发挥创新扩散效应, 又不使创新者利益受损, 政府在其中发挥重要作用。政府的产权制度、政府拨款、政府采购、政府资助、低息财政贷款等会减少创新成本, 保护创新者利益, 达到激励相容。该模式适用于新技术产业, 国家支持激励的较为成熟的产业。

3.2.3 创新分工

$$I_1 + I_2 + \dots + I_n \xrightarrow{\text{组织、结构}} I \quad (5)$$

创新分工主要有垂直式、水平式和混合式 3 种。垂直式分工指从技术、生产流程和产业角度拉伸和延长链条。这种创新方式主要通过管理、技术和规模获得收益。水平式创新从技术、生产流程和产业角度重新分工和整合; 混合式创新从技术、生产流程和产业角度, 突破企业、行业和国家界限, 通过数据(信息)、过程(业务)、价值链、价值场等重新整合和分工、专业化。在竞争日益剧烈, 产品技术替代速度加快的产业中, 产业间企业可以通过创新分工来规避风险, 同时实现产业整体的创新。

3.2.4 产学研一体化

$$mM + fF + \dots + rR \xrightarrow{\text{机制、结构}} I \quad (6)$$

一体化源于内部效应, 可以节省大量的市场搜索成本和时间。在信息比较对称的条件下, 内部化可以把研究成果推向市场, 并根据市场反馈信息及时调整, 提升企业核心竞争力。在此反应中, 反应催化剂有政府、科技中介等组织机构以及专业技术人员。其中政府提供完善的政策环境和市场环境, 科技中介等组织机构解决合作中的矛盾和问题, 为科研成果转化提供科学论证和优质服务。专业技术人才将自己的知识作为资本, 用技术参股等方式参与到企业创新中。

综上所述, 创新的模式不同, 酶因素如政府、科研中介、市场、企业竞争、研究机构这五方主体的催化作用不同。在产业创新中, 可以根据产业的特点采用不同模式, 例如传统产业, 在其发展中需要在政府的引导下通过加大研发投入来冲破已有的技术瓶颈, 实现技术升级。高新技术产业, 尤其应重视自主创新, 减少对国外技术的依赖, 在创新过程中综合利用各种资源, 引入不同的创新思路, 打造自主创新型企业。

3.3 天津市电子信息产业创新涌现分析

上述模式对于那些急需借技术创新来实现发展的产业有借鉴意义。天津市电子信息产业的发展就体现了这种创新涌现。

以专利申请数、新产品销售收入作为创新衡量指标, 2003 年专利数目骤增。从该年开始, 每年的专利申请数目同之前的数目相比都维持在较高水平(如图 3 所示)。同时, 新产品销售收入也大幅度提高, 2004 年收入额是 2003 年的 2.1 倍(如图 4 所示)。综上, 无论是专利申请还是新产品收入都显现骤增现象, 一定程度上表明技术创新的成功, 可以将该点视为创新涌现点。

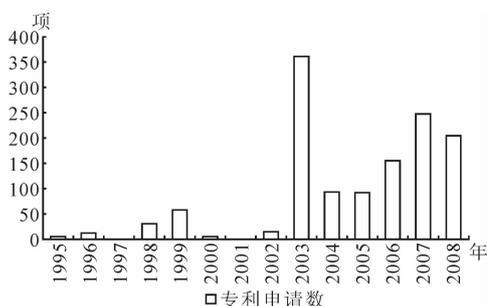


图 3 电子及通讯设备制造业专利申请数

注: 所有数据来源于中国统计局

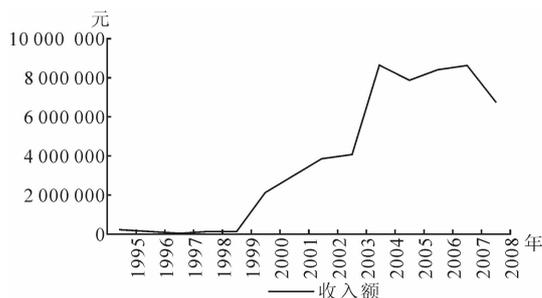


图 4 电子及通讯设备制造业新产品销售收入

研发人员投入(主要指科技活动人员中的科学家和工程师数目)、企业研发投入资金比例和政府资金支持为因素衡量指标, 从图 5 和图 6 的数据来看, 从 2000 年开始研发人员、研发投入强度加大, 政府对企业科技资金的支持占企业科技筹集资金的 10%, 这促进了企业研发投入力度, 起到政府引导作用。此外, 随着我国加入 WTO, 大量外资企业涌入国内市场, 跨国公司的技术溢出促进本土公司技术提升。因为创新投入与产出存在时滞性, 所以这些前期投入的创新成果在 2003 年涌现。

通过以上数据验证, 该产业在生产环节已经形成了大量的涌现。这与该产业的发展现状相符, 即天津电子信息产业制造业发展比较成熟。然而研发模块有待进一步加强, 该产业在发展中存在的问题有: 首先, 企业资金投入强度弱, 占总收入的比例严重落后于国外水平; 其次, 政府资金支持力度的平均水平低, 且断

断续续,没有形成持续的创新支持。这些问题严重阻碍了创新的持续性,导致创新涌现效果不强。

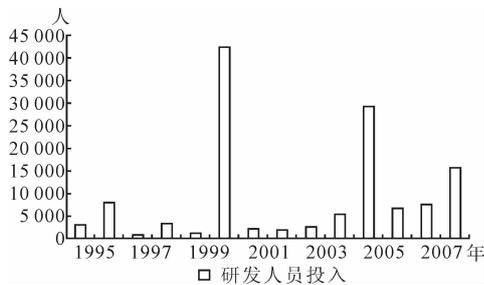


图5 电子及通讯设备制造业研发人员投入

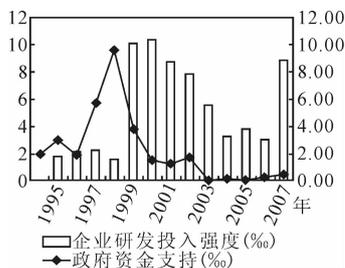


图6 电子及通讯设备制造业研发经费投入

4 催化涌现模式的意义与启示

自改革开放以来,我国经济发展取得了很大发展。现阶段面对产业结构的战略调整以及世界制造中心转移的发展局势,我们必须抓住机遇,迎接挑战,加快产业创新步伐,突破瓶颈,促进产业的跨越升级。

本文认为,制度在某种程度上高于技术,因此政府在产业创新中要充分发挥其催化作用,通过制定政策和建立相关机制促进产业创新发展。

(1)产业链创新的催化与涌现分析,为产业创新和企业创新搭建桥梁,从整体上为企业创新提供借鉴模式,政府的机制作用,如金融支持、税收政策等将加速创新的速度。

(2)政府为创新营造良好的外部环境。积极设立专项资金,用于支持产业环境建设、共性公用平台打造及对市场推介、国际资质认证、创新体系构建和大企业、大集团培育的支持。同时,政府采取有效的政策措施,鼓励企业加强自主开发,提高技术开发投入占销售收入的比重。鼓励企业提升产业关键核心技术的自主创新能力、引进消化基础上的再创新能力和系统集成创新能力。

(3)保证科研投入的强度和效率。政府通过财税、金融政策的调控加大自主创新的科技投资力度,促进企业增加技术创新投入,制定财税扶持政策的配套政策,共同帮助企业,为企业在争取优惠政策支持上提供参照依据和便捷通道。增强其争取优惠政策支持的信心和动力,确保优惠政策落到实处,从而确保企业研发投入的稳定。

(4)政府必须明确自己的职能定位。政府的作用在创新的不同阶段有所不同,不能一概而论。在创新的萌芽阶段,政府应给予创新环境和基础设施上的保障,同时出台利于创新的优惠政策;在涌现阶段,政府将重点规范创新制度,维护良好的竞争秩序,保证创新者利益;在成熟期,政府的作用弱于市场,主要为企业提供公共服务。创新是不断进行的,没有一个创新是永恒的。为防止进入衰退期,进一步升级创新,政府还有导向的作用。综上,政府应在自己的职能范围内扬长避短,做好份内工作,发挥政府的引导作用,推动我国产业的发展。

参考文献:

- [1] GREGORY A, DANEKE. Beyond schumpeter; nonlinear economics and the evolution of the U. S. innovations system[J]. Journal of Socio-Economics, 1998, 27(1): 97-115.
- [2] ROBERT W. RYCOFT, DON E. Kash patterns of innovating complex technologies: a framework for adaptive network strategies[J]. Research Policy, 2000, 29 (7-8): 819-831.
- [3] KOEN FRENKEN. A complexity approach to innovation networks. the case of the aircraft industry (1909 - 1997) [J]. Research Policy, 2000(2): 257-272.
- [4] LEE FLEMING OLAV SORENSON. Technology as a complex adaptive system :evidence from patent data[J]. Research Policy, 2001(7): 1 019-1 039.
- [5] CHILES. Managing the emergence of cluster: an increasing returns approach to strategic change[J]. Emergence, 2001 (3): 58-89.
- [6] 曹庆仁, 宋学锋. 基于复杂性科学的企业创新与管理[J]. 经济管理, 2001(14): 4-9.
- [7] 董静, 苟燕楠, 封洁. 基于不确定性和复杂性的创新项目管理模式研究[J]. 科研管理, 2006(3): 103-109.
- [8] 牛建涛, 慕静. 复杂适应系统理论的物流企业科技创新行为模式研究[J]. 科技管理研究, 2010(2): 19-21.
- [9] 胡恩华, 刘洪. 基于复杂适应系统的企业集群创新行为研究[J]. 中国科技论坛, 2007(1): 65-58.
- [10] 李锐, 鞠晓峰. 基于自组织理论的技术创新及扩散过程研究[J]. 科学学研究, 2008(2): 583-587.
- [11] 刘丽萍, 刘玲玲. 基于耗散结构理论的企业合作创新系统研究[J]. 中国软科学, 2009(1): 316-320.
- [12] 毛凯军, 田敏, 许庆瑞. 基于复杂系统理论的企业集群进化动力研究[J]. 科研管理, 2004(4): 110-115.
- [13] 李健, 金占明. 复杂性理论与产业集群发展[J]. 科学学研究, 2007(2): 188-195.
- [14] 乔俊峰. 基于耗散结构理论的产业集群形成机理研究[J]. 经济与社会发展, 2006(3): 93-95.
- [15] 约翰·H·霍兰. 隐秩序——适应性造就复杂性[M]. 周晓牧, 译. 上海: 上海科技教育出版社, 2000: 11
- [16] CHRISTOPHER FREEMAN, LUC SOETE. The economic of industrial innovation[M]. MIT Press, 1997: 18-80.
- [17] 吴敬璠. 制度高于技术——论发展我国高新技术产业[J]. 决策咨询通讯, 1999(4): 48-51.

(责任编辑:陈晓峰)