



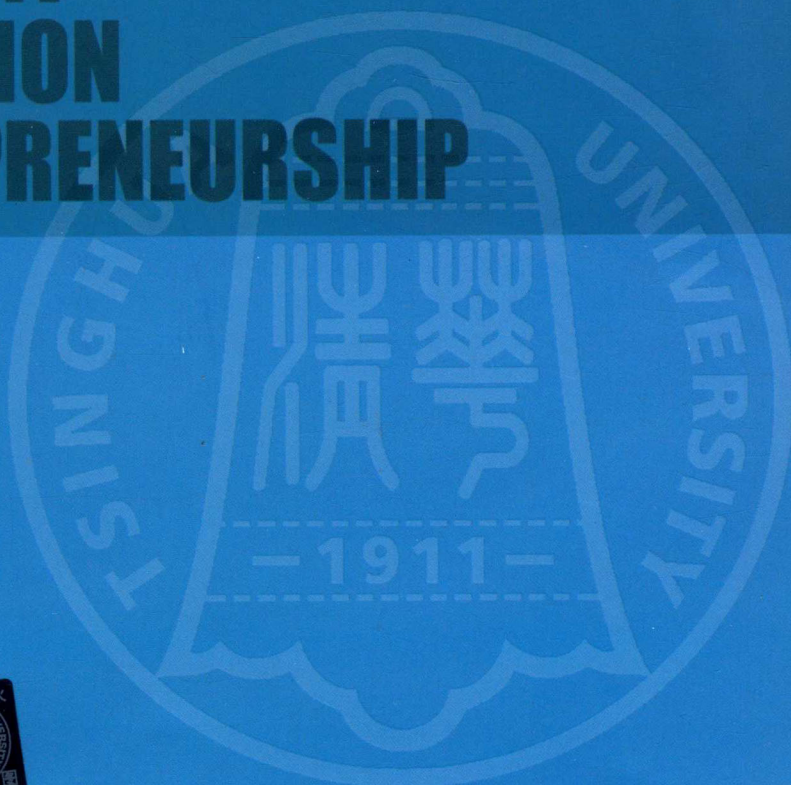
教育部人文社会科学重点研究基地
清华大学技术创新研究中心

创新与创业管理

(第13辑)

研发、创新与创业管理

MANAGEMENT
OF INNOVATION
AND ENTREPRENEURSHIP



清华大学出版社



创新与创业管理

(第13辑)

研发、创新与创业管理

陈劲 高建 主编
李纪珍 王毅 副主编

7-270
/ 285

MANAGEMENT
OF INNOVATION
AND ENTREPRENEURSHIP

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

《创新与创业管理》是由教育部人文社会科学重点研究基地——清华大学技术创新研究中心组编的学术研究丛书。本丛书主要收录创新与创业管理领域内高质量的学术论文,包括理论探讨、实证分析、案例解读、调查报告、文献综述及评论。

本专辑共收录了10篇文章,研究主题涉及:中国研发网络自组织演化的涌现性;融资约束对不同阶段技术创新的影响;开放式创新和双元战略对组织创新绩效的影响;不同类型的组织学习与新企业成长关系;创业种群成长动力学模型;国内风险投资对企业家创业空间集聚的影响;欧盟创新评价指标体系;“夹在中间”假说对中国中小企业的适用性;企业环境知识管理评价与分析;国外女性创业研究发展。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

创新与创业管理. 第13辑, 研发、创新与创业管理/陈劲, 高建主编. --北京: 清华大学出版社, 2015

ISBN 978-7-302-42517-5

I. ①创… II. ①陈… ②高… III. ①企业管理—文集 IV. ①F270-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第300926号

责任编辑: 高晓蔚

封面设计: 汉风唐韵

责任校对: 王荣静

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦A座 邮 编: 100084

社总机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 8.25 插 页: 1 字 数: 171千字

版 次: 2015年12月第1版 印 次: 2015年12月第1次印刷

印 数: 1~2000

定 价: 45.00元

产品编号: 067520-01

中国研发网络自组织演化的涌现性研究——基于复杂网络的视角 王 鹏,王玉珊·····	1
融资约束对不同阶段技术创新的影响——基于中国创业板高新技术企业的经验证据 胡 杰,张 瑜·····	14
开放式创新和双元战略对组织创新绩效的影响——以中国环保型中小企业为例 王国弘·····	25
创业企业的实力与潜力:组织学习类型与新企业成长 王 侃·····	34
创业种群成长动力学模型:建构与分析 林 嵩,刘小元·····	47
国内风险投资对企业家创业空间集聚的影响 杨亚平,王 芝·····	60
欧盟创新评价指标体系的演变及启示 申 静,赵域航,耿瑞利·····	74
“夹在中间”的中小企业——基于企业绩效和成长性的视角 秦续忠,赵 红,王宗水·····	93
企业环境知识管理评价与分析 王 江,宋艳梅·····	105
国外女性创业研究:基于发展阶段的综述 谷海洁·····	115

中国研发网络自组织演化的涌现性研究

——基于复杂网络的视角^①

王 鹏,王玉珊

(暨南大学 经济学院,广州 510632)

摘要: 借鉴复杂网络理论及其涌现机理,以中国研发网络为例,运用1979—2014年美国专利与商标局(USPTO)的专利数据,分阶段地分析中国研发网络自组织演化的涌现特征,并对其涌现表现和涌现层级结构等进行了研究。研究表明:中国研发网络的演化具有显著的复杂网络自组织特征和涌现特性,随着网络系统的不断发展而呈现明显的涌现层级结构;中国各省(自治区、直辖市)进入研发网络的步调不一致,研发网络整体的知识流动及其研发效率还很薄弱,研发国际化水平和先进知识流动程度都相对较低,这导致中国研发网络中发达地区与欠发达地区的合作研发水平和创新能力存在巨大差距。

关键词: 复杂网络;研发网络;自组织演化;涌现性

中图分类号: F204 **文献标志码:** A

1 研究背景

研发(research and development, R&D)网络是以研发活动密集区域的企业为节点,以研发能量聚集和互通渠道为连线,在一定空间范围内形成的联系紧密、互动开放的区域网络系统。随着市场竞争日趋激烈和外部环境日益复杂,企业为提升市场竞争力、实现战略目标而面临的挑战愈发艰巨,单个企业仅靠自身力量已无法突破这些壁垒,而与外部研发机构合作、构建研发网络成为企业生存发展的必然趋势。作为一种

^① 基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目“基于焦点企业的企业集群间共生网络演化机理研究”(71202141);广东省科技计划项目“经济新常态下广东省科技服务业发展政策支撑体系研究”(2015A030401044);广东省软科学研究计划项目“基于焦点企业的珠三角创新型高技术企业集群风险预警和控制机制研究”(2012B070300096);广东省人文社会科学重点研究基地和“经纬粤港澳经济研究中心”科研项目“粤台高科技产业合作模式及其影响因素研究”(37714001004)。

作者简介:王鹏(1977—),男,福建福清人,暨南大学经济学院副教授,博士生导师,博士,研究方向:区域创新、技术创新;王玉珊(1990—),女,山东青岛人,暨南大学经济学院硕士研究生,研究方向:区域创新、复杂网络。

开放性组织,研发网络具有高度动态性和深度复杂性,是一种特殊的复杂网络。其中,研发主体具有很强的适应性,能够主动适应复杂多变的外部环境,并与外部能量进行互动,自主选择进出网络,表现出主动的非理性和复杂性。因此,在复杂网络的背景下深入探究研发网络的内在结构及其演化,具有重要的理论和现实意义。

关于研发网络复杂性的现有研究主要集中在以下两个方面。一是将复杂性理论与研发网络相结合,探讨创新主体间的技术创新和合作研发。例如:Butts^[1]发现,合作研发网络与创新网络和知识网络具有相同的本质,即都是基于知识流动的关系网络,可以采用社会网络分析法理解和分析网络结构及其动态演化过程;赵红梅和王宏起^[2]利用社会网络分析方法揭示了R&D联盟网络效应形成的微观机理,认为R&D联盟网络能够产生结构维度的知识转移效应和组织学习效应以及关系维度的社会资本效应和创新效应;Prato和Nepelski^[3]研究了全球创新网络,构建了国际间合作创新引力模型,认为国际范围内的合作研发可以形成复杂的研发网络。二是将研发网络视为一种协作研发方式,并研究其协作研发能力。例如:Prashant等^[4]基于知识观和组织学习理论,指出研发网络是企业学习和吸收关键技术和能力的一种重要手段;曾德明等^[5]将企业R&D网络分为变动性网络和稳定性网络,认为R&D网络边界可以自主扩张,当进出网络的企业数量达到相对均衡时会趋于相对稳定;Yokura等^[6]采用社会网络分析法研究了日本的研发网络和区域创新问题,认为区际和区域的技术转移是提升国家或区际竞争力的核心手段。

涌现是复杂网络的一大特征,研发网络是一种特殊的复杂网络形态,其网络系统涌现性一直是国内外学者的研究热点。Holland^[7]提出用回声模型(echo model)描述复杂适应系统(complex adaptive system,CAS)模型,并给出了一个完整的模型表达过程及其扩展思想,后来又提出了“受限生成过程”的概念,试图建立涌现现象的普适机制。相比国外学者,中国学者较晚涉足涌现性研究。叶培华和徐宝祥^[8]运用涌现理论对企业知识生态系统的涌现特征、涌现来源以及涌现结果进行了深入分析,并建立了企业知识生态系统涌现机理模型。吴文清等^[9]研究了孵化器内创业企业知识网络的涌现现象和网络连接特征,并提出了促进孵化器内创业企业知识水平提升的管理建议。

综上所述,目前国内外学者对研发网络的协作创新和合作研发问题以及复杂网络的涌现性特征的研究均日趋完善,但从复杂网络的角度研究研发网络以及将研发网络作为一种特殊的复杂网络系统地研究其涌现特性和涌现层级结构等的文献相对较少。本文借鉴复杂网络理论及其涌现机理,将研发网络视为由众多适应性微观研发主体构成的复杂网络,并以中国研发网络为例,深入揭示研发网络自组织演化过程中的涌现特征,以期为中国构建和培育持久稳定的研发网络提供理论依据,促进研发主体协作创新能力的提升和中国研发网络的健康有序发展。

2 复杂网络理论及其研究方法

从 20 世纪 80 年代末开始,复杂性研究日渐成为学术界的研究热点,其中两个具有奠基性的研究将复杂网络研究推向高峰,这两项研究分别提出了小世界网络和无标度网络的概念,并着重分析了其基本性质和产生原理。具体如下:一是 Watts 和 Strogatz^[10]建立了小世界(small-world)网络模型,研究了从规则网络到随机网络的转变,认为小世界网络具有与规则网络类似的较大的聚类系数,同时具有与随机网络相似的较短的平均路径长度;二是 Barabasi 和 Albert^[11]指出,现实中许多大型复杂网络的度分布具有幂律形式,幂律分布不具有明显的特征长度,因此可称之为无标度(scale-free)网络。截至目前,国内学术界对复杂网络还没有一个普适的定义,应用较为普遍的是中国著名科学家钱学森^[12]提出的概念界定:复杂网络是具有自组织、自相似、吸引子、小世界、无标度特征等部分或全部性质的网络。国内外学术界对复杂网络的研究也主要侧重于分析复杂网络的拓扑结构及特性,探索复杂系统产生涌现、同步和突变等的机制,从而能够深入研究复杂网络的系统动力学行为以及控制方法。

复杂网络在自学习、自适应和交互合作机制的支配下会不断演化和发展,最终出现涌现现象。在复杂性科学中,涌现以相互作用为中心,通常用来指局部组分之间的交互而产生系统全局行为或缘起于微观的宏观效应^[13]。这种宏观全局特征或性质只有在多要素系统形成后从整体体现出来,并不显现于微观组分,即存在 $1+1+\dots+1 > f(n)$ (n 个 1 相加, $f(n)$ 远大于 n) 的协同效应。因此,涌现性是系统非加和的一种属性,即“整体不等于部分之和”,其中整体与部分的差异就是涌现性。涌现过程还是一个自组织的过程,系统形成的各种结构并非是外界环境直接强加给系统的,而外界是以非特定方式作用于系统的。复杂网络的自组织演化最终可以自发涌现出稳态,此时进出网络的主体及主体间的相互合作关系达到动态平衡。这种稳态的形成与涌现规律和各主体的初始状态无关,而与主体间的作用关系具有较大的相关度。

本文的研究样本为中国的研发网络,即中国创新主体与海外研发主体以及中国内部各区域研发主体进行合作研发形成的研发网络。结合两种研究尺度确定中国研发网络的节点:在国内,本文以省域为尺度,即以中国各省(自治区、直辖市)为网络节点;在国外,以国界为尺度,即以国际上的各国和地区为网络节点。任意两个具有合作研发关系的网络节点形成“边”,所有具有合作研发关系的网络节点经“边”相连而形成复杂的网络关系。研发网络在本质上是一种基于知识流的关系网络,不同的网络节点在研发网络中具有不同的竞争优势和知识扩散能力,因此在研发网络中发挥着不同的作用。

专利是研发网络的重要产出成果,凭借评审过程标准化、数据公共可得性等特点已成为分析知识溢出、知识流动和创新网络的首选数据。本文采用美国专利与商标局

(United States Patent and Trademark Office, USPTO)的专利数据,以“专利中至少包括一个申请国家为中国大陆”为条件进行数据筛选,再删除具有明显错误或信息不全的专利数据,最终共得到 11 543 个专利数据(1979—2014 年),同时以“申请国或申请地区之间至少合作研发过一项专利”为条件定义国家或地区之间的合作研发关系,以此为基础构建中国的研发网络。本文的所有网络图形均是利用 GEPHI 软件完成的, GEPHI 软件是一款基于 JVM 的跨平台复杂网络分析软件,主要通过制作动态分层图实现各种复杂系统或网络的交互可视化,有助于深入挖掘和展现中国研发网络的复杂性及其演化特征。

3 基于复杂网络的研发网络涌现性分析

在复杂网络的背景下对研发网络涌现性的研究主要包括以下 4 个方面:研发网络拓扑特征分析;基于自组织临界判断的系统涌现性判断;研发网络涌现性的表现;研发网络涌现的层级结构。

3.1 研发网络拓扑特征分析

本文主要从度分布这一网络拓扑特性分析研发网络这一复杂网络的涌现特征。通常情况下,节点的度表示与该节点直接相连的邻居节点的数目,用函数 $P(k)$ 表示随机选取的某个节点的度为 k 的概率,它反映了研发网络中节点的度分布情况, $P(k) = \frac{n_k}{N}$ ($0 \leq k \leq N-1$) 其中: n_k 为节点的度为 k 的节点的个数; N 为网络节点总数。网络中所有节点的度的均值称为网络的平均度,反映了研发企业利用研发网络资源进行网络整合的广度,用平均度指标 $\langle k \rangle$ 表示, $\langle k \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n k_i$ ($1 \leq i \leq N$), 其中 k_i 为第 i 个节点的度。

3.2 基于自组织临界判断的系统涌现性判断

涌现性判断是分析研发网络涌现性的前提,通过观察复杂网络拓扑的动态演化情况,运用自组织临界判断可以进行涌现性判断。具体来说,本文分析网络拓扑的度分布特性,当其符合幂律分布时,判定系统呈自组织临界判断,即发生涌现^[14]。幂律分布是自组织演化系统在临界状态(也称混沌边缘)时从稳态向混沌态过渡的标志,利用幂律分布可以预测演化系统的相位和相变。幂律分布通式一般可写为 $y = cx^{-r}$ 。其中: x 和 y 是正数随机变量; c 和 r 为大于 0 的常数。幂律分布的共性是绝大多数事件的规模很小、少数事件的规模相当大。对上式两边取对数,可知 $\ln y$ 与 $\ln x$ 满足线性关系,即在双对数坐标下幂律分布图形表现为一条斜率为幂指数的负数的直线,而这一线性关系是本文判断选取的美国专利与商标局的专利数据是否满足幂律的依据。

若度分布为幂律分布,即 $p(k) = ak^{-(\gamma-1)}$,则表示随机选取的节点的度为 k 的概率分布函数具有幂函数形式。

3.3 研发网络涌现性表现

研发网络的涌现性机理体现了研发服务一体化、网络化和规模化的发展趋势。研发网络内部各研发主体通过建立相互关系产生凝聚作用,这种凝聚作用远远超过了各独立主体间相互作用的结果。这就是增效性,主要表现在:首先,研发网络的涌现特征不是某一区域主体特征的简单之和,而是具有 $1+1>2$ 的效果;其次,系统涌现特征的种类与单个研发主体特征的种类不完全相同;最后,涌现特征不能通过单独考察某个主体的行为来推导出来,如本文中研发网络系统的研发效能不是由中国某个省(自治区、直辖市)单个主体具有的,但整体的涌现行为特征具有规律性和动态性,存在大量不断生成的结构和模式,这些结构和模式可以采取某种方法或工具加以预测和控制。

3.4 研发网络涌现的层级结构

对研发网络涌现的理解大多与层级观念相联系,一般从高层特征与低层特征间关系的角度界定涌现性。根据 Fromm^[15]提出的不同层次具有不同的反馈类型和因果关系,本文将研发网络涌现的层级结构分为4类(见图1):类型I为简单涌现,只包含前馈,无反馈;类型II为弱涌现,包含简单的前馈和反馈;类型III为多重涌现,存在多个反馈循环;类型IV为强涌现,在高层组织中出现了涌现层级结构,并产生了具有不可还原性质的复杂性。

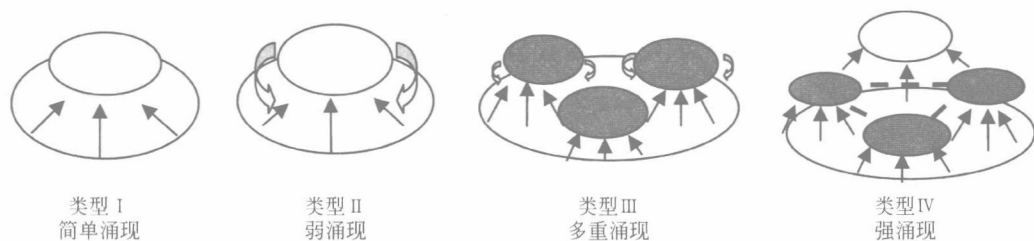


图1 研发网络涌现的层级结构

研发网络中的适应性主体之间存在趋同机制和聚集作用,这使各主体相互影响、进行相同或相近的适应学习活动。当所有的适应性主体进行相同或相近的适应学习后,网络主体间的非线性作用将形成一个网络层次的涌现(即弱涌现)。在一个层次的涌现形成后,相同层次的涌现同样具有类似的适应性和复杂性行为,网络个体成员与群体之间反复的非线性交互作用使得涌现之间继续相互影响,在非线性的作用下形成更高层次的网络涌现,导致研发网络系统整体发生质变(见图2)。可以这样说,涌现是复杂系统层级结构整体的宏观动态现象,这种现象在高层次具有的属性、特征、行为和

功能一旦被还原到低层次就不复存在。

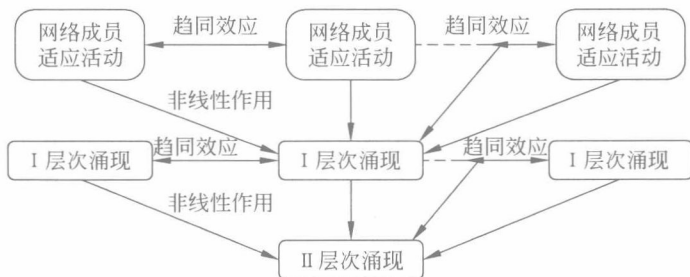


图2 研发网络系统高层次涌现模型

4 中国研发网络自组织演化过程的涌现特征

前文已述,复杂网络的演化过程是一个自组织过程。与其他复杂网络一样,研发网络的自组织演化会经历从产生到衰退的过程,通常包括起始、成长、调整和衰退四个阶段。其中,研发网络的涌现通常发生在网络系统成长至调整的阶段。本文结合中国的基本国情和经济发展阶段,运用筛选得到的美国专利与商标局(USPTO)的专利数据,从改革开放初期(1979—1987年)、改革开放深化期(1988—1995年)、亚洲金融危机时期(1996—2000年)、加入WTO后时期(2001—2007年)、国际金融危机后时期(2008—2014年)五个发展阶段分析中国研发网络自组织演化过程的涌现特征。

4.1 改革开放初期(1979—1987年)

改革开放初期是中国研发网络的孵化阶段,整体网络非常松散、结构简单、网络主体间多为单线连接(见图3)。在这一阶段,美国是中国研发网络的核心,与几乎全部外围研发主体^①有直接联系,而外围研发主体之间的联系较少。同时,研发网络在国内的覆盖面较小,除北京、上海、江苏、四川、山东、湖北、山西和天津以及台湾地区外,国内的大部分地区未加入研发网络。就国外而言,只有日本、德国等少数发达国家和地区加入中国的研发网络。该种现象说明,在复杂网络自组织过程的初始阶段,中国整个研发网络具有以研发核心(美国)为中心的星型网络结构,是一种典型的单核网络。而研发网络为单核网络时往往具有高内聚力,其中研发核心集聚了较强的系统技

① 本文中的外围研发主体主要是指纳入中国研发网络的其他国家或地区,它们作为网络节点的缩写分别为AT(奥地利)、AU(澳大利亚)、BE(比利时)、CA(加拿大)、CH(瑞士)、CY(塞浦路斯)、DE(德国)、FI(芬兰)、FR(法国)、GB(英国)、HK(中国香港地区)、IL(以色列)、IN(印度)、IT(意大利)、JP(日本)、KR(韩国)、NL(荷兰)、PH(菲律宾)、SE(瑞典)、SG(新加坡)、TW(中国台湾地区)、US(美国)、NJ(新西兰)、TX(土耳其)、NY(挪威)、MD(摩尔多瓦)、MI(墨西哥)、WA(西非)、PA(巴拿马)、CT(捷克)和UT(乌克兰)。其他字母标注为中国省市(自治区)的汉语拼音。

术创新能力、核心创新能力和产业链创新能力,在整个研发网络中发挥着“领头羊”的作用^[16]。



图3 改革开放初期中国研发网络的涌现特征

4.2 改革开放深化期(1988—1995年)

随着改革开放不断深化,中国市场环境逐渐全球化,研发网络得到迅速发展,网络内部成员间的竞争更加激烈、互动更为频繁,整个研发网络呈现出日趋复杂、紧密的态势(见图4)。处于成长阶段的中国研发网络的自组织演化表现为网络规模效应形成,即网络成员数量大量增加。就中国内部的研发主体而言,除经济相对落后的内陆省份(如海南、贵州和宁夏等)未参与合作研发外,绝大多数省(自治区、直辖市)已加入中国研发网络,其中北京、上海和广东等省市逐渐发挥出区域性研发核心的作用。此外,虽然美国继续占据研发核心的地位,但是越来越多的国家和地区(如法国、韩国等)已进入中国研发网络。这一阶段的研发网络具有自适应特性,处于一种“远离平衡点”的临

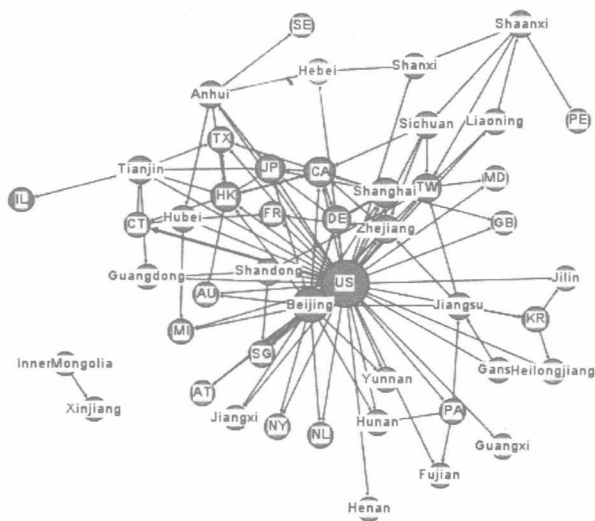


图4 改革开放深化期中国研发网络的涌现特征

界状态。研发网络中各节点在个体利益的驱动下会单独做出加入或退出研发网络的策略选择。在简单规则下,各网络节点可自发形成较为稳定的联结状态,最终形成具有强大外部效应的网络系统,这种自组织过程具有明显的涌现特征。

4.3 亚洲金融危机时期(1996—2000年)

在亚洲金融危机时期,中国研发网络进入第一轮调整阶段。比较图4和图5可知,两时期的中国研发网络发生的变动甚微,表明在长期调整中中国研发网络的自组织演化形成了较为稳定的网络分布特征。由于演化过程较短、演化程度较低,因此此时的研发网络仅涌现出低层次的稳态,在自组织演化过程中,各节点自发形成了相对稳定的网络结构。在这一阶段,网络稳态涌现及维持是其主要特征。中国研发网络内部逐渐涌现出少数集聚节点,如北京、上海等,它们能够获得大量的研发合作机会,通常被称为明星节点(见图5)。这些明星节点具有相对丰富的研发信息和便捷的研发渠道,外围节点更倾向于将之作为合作研发的中介,从而建立间接的合作研发关系。同时,明星节点在研发网络中的知识溢出和知识转移可以带动网络成员的集体学习,并将崭新独特的发展模式通过网络扩散形成网络成员共享的发展战略,从而通过研发网络将该模式进一步标准化和流程化,以此促进网络创新效率的整体提高^[17]。对于外围节点来说,经过较长时间的整体网络渐进式演化,这些纳入中国研发网络的其他国家或地区依次在明星节点外围比邻分布,无论外围节点如何变动,这种布局都呈相对稳定的状态,研发网络的层级结构将逐步涌现,并且网络的中心性将不断增强^[18]。

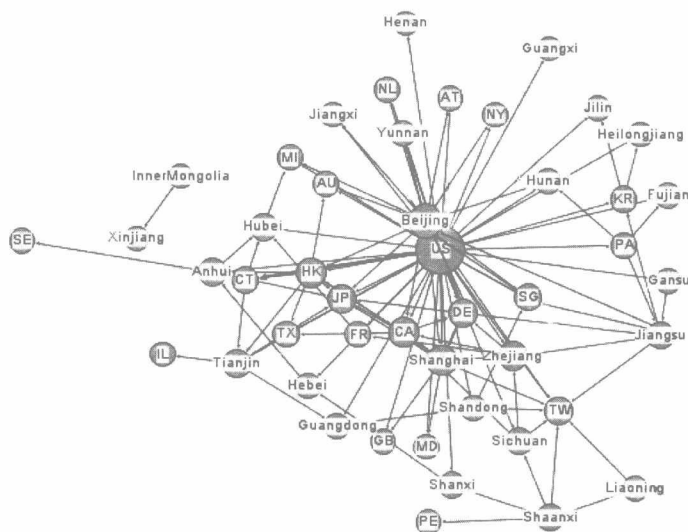


图5 亚洲金融危机时期中国研发网络的涌现特征

金融危机后中国的研发网络显得更加紧凑、有序,网络内部出现了许多小团体。根据“刺激-反应”模型,研发网络系统在适应外界环境的过程中对环境中的各种变量做出不同反应,形成系统内部对各种资源和子系统能力的集聚效应、整合效应和协同效应,这使研发网络整体的结构和特性发生适应性变化,由此涌现出网络研发能力形态。在这一阶段,中国的研发网络涌现出较高层次的稳态,创新成果迅速增加、新产品数量急剧增加,涌现行为表现为各网络节点的创新突破和扩散、创新分工以及一体化协作等。由于研发网络中的节点由多个不同层次的研发主体构成,因此,可推断中国研发网络中存在一个巨大的、多层次的协作研发网络,且不同的网络节点在研发国际化进程中具有不同的知识吸收能力和竞争优势,进而在国家创新体系中发挥不同的作用^[20]。此外,图8显示,当中国研发网络的自组织演化自发涌现出稳态时,其度分布满足Barabasi和Albert^[11]提出的幂律分布规律,即 $P(k)$ 随节点度 k 值的增大而基本呈指数形式衰减,说明中国研发网络具有明显的无标度和集聚结构。

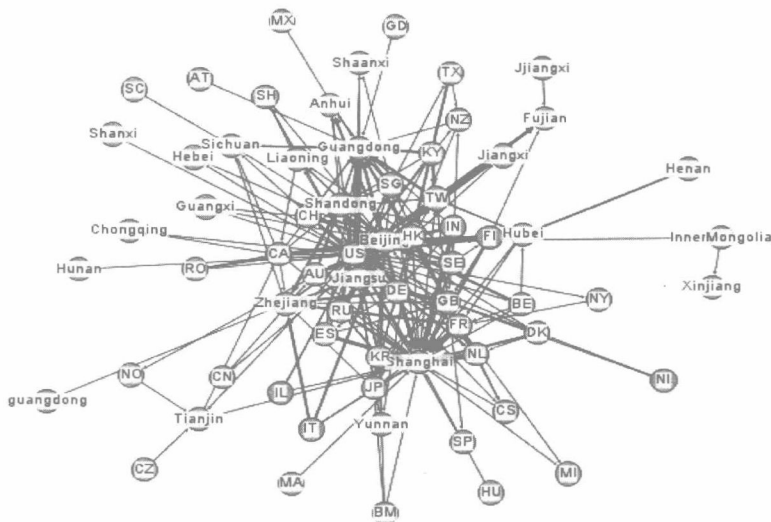


图7 国际金融危机后时期中国研发网络的涌现特征

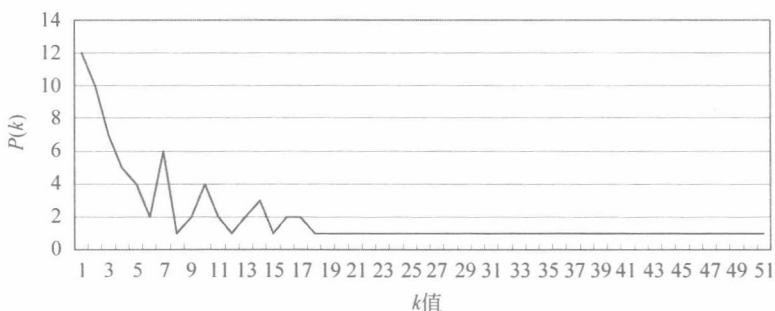


图8 国际金融危机后时期中国研发网络的度分布

5 结论与政策建议

本文主要基于复杂网络的相关理论提出研发网络涌现性的4个研究方面,并以中国研发网络为例,运用1979—2014年美国专利与商标局(USPTO)的专利数据,分阶段分析中国研发网络自组织演化的涌现特征。本文得到如下主要结论:

第一,中国研发网络是一种复杂网络,其演化过程具有显著的复杂网络自组织特征和涌现特性。随着网络系统合作研发日益密切,研发网络呈明显的涌现层级结构。当自组织演化自发涌现出稳态时,中国研发网络具有明显的无标度和集聚结构。

第二,尽管改革开放以来中国的研发网络不断演化、成长,但是其整体发展水平相对较低,且中国各省(自治区、直辖市)进入研发网络的步调并不一致,发达地区与欠发达地区在合作研发水平和创新能力上存在巨大差异,其融入研发网络的速度以及在网络中的节点位置在很大程度上受到自身开放程度和经济发展水平的影响。

第三,中国参与研发网络活动存在“主体性”缺失,虽然中国发达地区的企业虽然具有雄厚的研发实力、参与研发网络的技术平台,但是网络整体的知识流动很弱、研发效率很低,与世界级跨国公司的差距仍很明显,研发国际化水平也普遍低于世界同等级企业的平均国际化水平。

第四,中国欠发达地区的企业在研发网络演化过程中逐渐被“边缘化”,其研发国际化水平和先进知识流动程度都相对较低,这也是中国研发网络中各区域在创新能力和成果(专利)上的差距不断拉大的重要原因之一。

针对以上结论,本文提出以下政策建议:

第一,通过颁布和实施相关政策引导和推动先进知识在区域间充分流动,大力提高中国内陆地区的对外开放水平,构建持久稳定的协作创新与合作研发关系。要特别重视研发网络外部创新源的作用,积极为网络各主体间的互动搭建各种正式和非正式的交流平台,以加强网络内各行为主体之间的联系。

第二,鼓励中国发达地区继续加强国际间研发合作,积极构建多层次协作研发网络。中国发达地区的企业在与发达国家构建研发网络时,应注重采用灵活创新的方式,如可采用虚拟化研发合作模式,通过跨国联盟与跨国公司、境外实验室和境外大学进行研发协作以实现优势互补。

第三,为推动中国欠发达地区的企业寻求持续竞争力,政策制定者需要针对这些地区企业的研发需求构建相应的政策导向,在此前提下制定一系列政策措施以促进和鼓励企业与研发网络中的其他参与者进行合作。企业自身也应注重内部研发与合作创新相辅相成,将全球化的研发网络作为其构建战略能力的关键,以此拓展企业内部研发网络的地理边界和知识边界。

参考文献

- [1] Butts C T. Social network analysis: a methodological introduction[J]. *Asian Journal of Social Psychology*, 2008, 11(1): 13-41.
- [2] 赵红梅,王宏起. 社会网络视角下 R&D 联盟网络效应形成机理研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2010(8): 22-27.
- [3] Prato G D, Nepelski D. Global technological collaboration network: network analysis of international co-inventions[J]. *The Journal of Technology Transfer*, 2014, 39(3): 358-375.
- [4] Prashant K, Jeffrey H D, Harbir S. Alliance capability, stock market response, and long-term alliance success: the role of the alliance function[J]. *Strategic Management Journal*, 2002, 23(8): 747-767.
- [5] 曾德明,朱丹,周青. 高技术企业协作 R&D 网络的特征、组织模式及其竞争优势研究[J]. *科学管理研究*, 2006(4): 103-106.
- [6] Yokura Y, Matsubara H, Sternberg R. R&D networks and regional innovation: a social network analysis of joint research projects in Japan[J]. *Area*, 2013, 45(4): 493-503.
- [7] Holland J H. *Emergence: From Chaos to Order*[M]. New York: Addition Wesley, 1998.
- [8] 叶培华,徐宝祥. 企业知识生态系统的复杂适应性研究[J]. *情报杂志*, 2008(2): 99-103.
- [9] 吴文清,张海红,赵黎明. 孵化器内创业企业知识网络涌现研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2014(12): 109-118.
- [10] Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of "small-world" networks[J]. *Nature*, 1998, 393: 440-442.
- [11] Barabasi A L, Albert R. Emergence of scaling in random networks[J]. *Science*, 1999, 286: 509-512.
- [12] 钱学森. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. *城市发展研究*, 2005(5): 1-8.
- [13] Abbott R. Emergence explained: abstractions: getting epiphenomena to do real work[J]. *Complexity*, 2006, 12(1): 13-26.
- [14] 谭劲松,何铮. 集群自组织的复杂网络仿真研究[J]. *管理科学学报*, 2009(4): 1-14.
- [15] Fromm J. *The Emergence of Complexity*[M]. Kassel: Kassel University Press, 2004.
- [16] 王毅. 我国企业复杂技术创新能力研究: 基于三维模型的成长路径[J]. *管理工程学报*, 2011(4): 203-202.
- [17] 吴结兵,郭斌. 企业适应性行为、网络化与产业集群的共同演化[J]. *管理世界*, 2010(2): 141-155.
- [18] Gupta A K, Smith K G, Shalley C E. The interplay between exploration and exploitation[J]. *Academy of Management Journal*, 2006, 49(4): 693-706.
- [19] 李文博,张永胜,李纪明. 集群背景下的知识网络演化研究现状评介与未来展望[J]. *外国经济与管理*, 2010(10): 10-19.

- [20] Zhong X, Yang X. Science and technology policy reform and its impact on china's national innovation system[J]. Technology in Society, 2007, 29(3): 317-325.

Emergent Property of Self-organizing Evolution of R&D Network in China: Based on Perspective of Complex Network

Wang Peng, Wang Yushan

(College of Economics, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: Based on the complex network theory and its emergence mechanism, and using the patent data issued by US Patent and Trademark Office (USPTO) from 1979 to 2014, this paper analyzes the emergence characteristics of self-organizing evolution of China's R&D network as the example by stages, and studies the features and hierarchical structure of emergent property. The conclusions are as follows: the evolution of R&D network in China is characterized by self-organizing and emergence of complex network, and has a remarkable hierarchical structure of emergence with the development of network system; the steps of different provinces (autonomous regions) to R&D network are inconsistent, and the levels of knowledge flow, R&D efficiency, R&D internationalization and the mobility of advanced knowledge of R&D network are relatively low, which leads to the significant differences in R&D cooperation level and innovation ability between developed areas and less-developed areas in China.

Key words: complex network; R&D network; self-organizing evolution; emergent property