

# 基于演化博弈的战略性新兴产业集群 协同创新策略研究

李煜华,武晓锋,胡瑶瑛

(哈尔滨理工大学 管理学院,黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:**战略性新兴产业集群以创新为主要驱动力,协同创新是战略性新兴产业集群提高自主创新能力的重要途径。在对战略性新兴产业集群创新主体关系和创新方式进行分析的基础上,运用演化博弈理论,构建了集群内企业和科研院所创新博弈的复制者动态模型,分析了其在创新过程中的动态演化过程。在此基础上,得出协同创新预期收益、协同创新风险和协同创新知识位势是影响战略性新兴产业集群协同创新的重要因素,并据此提出了相应的协同创新策略。

**关键词:**协同创新;战略性新兴产业;演化博弈;产业集群

DOI:10.6049/kjjbydc.2011120770

中图分类号:F263

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2013)02-0070-04

## 0 引言

步入21世纪以后,全球科技产业进入到一个前所未有的创新密集期。以创新为关键特征的新兴产业成为推动世界经济发展的主导力量<sup>[1]</sup>,新兴产业集群成为提升国家竞争力的重要载体。作为创新集群的代表,战略性新兴产业集群可以加速实现技术创新和技术产业化,并能带动产业升级和区域创新。因此,其在主要发达国家得到快速发展。当前,我国战略性新兴产业正处于萌芽期,由于技术的不确定性和风险性,再加上当前集群内企业、高校和科研机构等科技力量自成体系、重复分散,在集群创新过程中运行效率不高,客观上要求集群创新通过联合投资分散技术创新带来的风险、共担技术投资的不确定性以及共享技术创新带来的收益,以集群的整体力量促进技术创新<sup>[2]</sup>。而从目前来看,高校、科研机构、企业之间的自觉协同创新尚未成型,迫切需要在集群协同创新机制上有突破性进展<sup>[3]</sup>。为此,探讨建立战略性新兴产业集群的协同创新机制具有重要意义。

国内学者对产业集群协同创新的研究已取得一定

的成果。杨耀武和张仁开<sup>[4]</sup>构建了产业、技术和区域三维整合的产业集群协同创新框架模型;张哲<sup>[5]</sup>对产业集群创新要素进行了分类与综合分析,初步构建了产业集群协同创新动力系统;易明<sup>[6]</sup>从关系和互动角度对协同创新的治理机制进行了研究。张琼瑜<sup>[7]</sup>从协同论的角度对高新技术产业集群创新的协同机理进行了研究。上述研究对集群协同创新进行了有意义的探索,但总体而言,对战略性新兴产业集群协同创新的研究尚处于起步阶段,大多基于区域经济、集群和创新要素等角度,从战略性新兴产业内部创新主体关系对协同创新影响进行的研究较少。因此,本文在借鉴这些成果的基础上,从战略性新兴产业集群内部创新主体间博弈关系的角度出发,对集群主体的协同创新关系进行了研究。

## 1 战略性新兴产业集群创新主体与创新方式

战略性新兴产业集群是指先导性技术产业化下促成的大量关联密切的先导技术型企业与相关中介机构、大学等不同群落在一定地域范围内集聚所形成的健全且具灵活性的、充满创新活力的有机产业体系<sup>[8]</sup>。

收稿日期:2012-03-14

基金项目:国家自然科学基金项目(70773032);教育部人文社会科学研究一般项目(10YJC630133);黑龙江省哲学社会科学重大决策咨询项目(11G004);哈尔滨理工大学青年拔尖创新人才培养计划项目(082C05);黑龙江省哲学社会科学研究规划项目(12C029);黑龙江省教育厅人文社会科学研究项目(12522041)

作者简介:李煜华(1970—),男,陕西扶风人,哈尔滨工程大学博士后,哈尔滨理工大学管理学院教授、硕士生导师,研究方向为技术创新管理;武晓锋(1987—),男,山西晋中人,哈尔滨理工大学管理学院硕士研究生,研究方向为技术创新管理;胡瑶瑛(1973—),女,黑龙江哈尔滨人,哈尔滨理工大学管理学院讲师,研究方向为产业集群。

当前,战略性新兴产业集群在我国正处于萌芽阶段。任何集群的出现首先与创新内在相关<sup>[9]</sup>。波特<sup>[10]</sup>认为,如果一个集群在一段时间内不能在主要的新技术领域或需要扶持的公司和机构方面构筑其创新能力,它就会丧失竞争力。战略性新兴产业集群的长远发展,取决于集群内创新资源的有效配置以及创新效率的提高。

### 1.1 战略性新兴产业集群创新主体间的关系

战略性新兴产业集群的创新,需要在集群内部的企业、高校、科研机构、政府机构和中介机构间实现创新资源的有效流动与配置。而在此过程中,集群内部创新主体需要经历一个反复长期的博弈演化过程。企业是战略性新兴产业集群内各种创新资源的主要拥有者和创新利益的主要享有者,而集群内的高校和科研机构拥有人才、信息和科研成果等大量异质性创新资源,科研院所与集群创新企业间的互动可以有效提高企业创新能力,并从根本上提高集群整体创新能力。战略性新兴产业集群在我国尚处于萌芽阶段,需要政府发挥政策引导与协调监督作用,营造有利于协同创新的宽松环境。中介服务机构可以为集群创新提供信息、管理和投资等方面的专业服务,提高科技创新效率。战略性新兴产业集群内企业、高校、科研机构、政府机构和中介机构在创新过程中相互联系、相互影响,共同推进集群创新的发展。创新主体间的关系见图1。

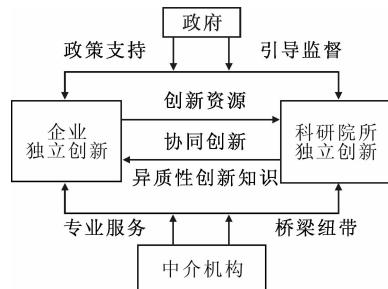


图1 战略性新兴产业集群创新主体间的关系

### 1.2 战略性新兴产业集群创新方式

战略性新兴产业因核心技术独创性强、创新程度高和研发投入较大,因此集群成员选择独立创新将有利于技术保密,增强创新技术的专有性,使自己在行业竞争中处于领先地位。另外,集群内企业之间的紧密互动、内部创新资源的易获得性和低成本性以及在知识和信息上的共享,都会大大降低技术和市场不确定性带来的风险<sup>[5]</sup>。因此,战略性新兴产业集群主体的创新可以分为独立创新与协同创新两种方式,它们各有利弊,不同的集群成员会作出不同的选择。从产业宏观层面看,多主体协同创新是促进战略性新兴产业集群良性发展的理想模式。

## 2 企业与科研院所创新演化博弈模型

演化博弈论从有限理性出发,以参与人为研究对

象,基于演化稳定策略的基本概念,强调博弈的动态过程,而在多重均衡中究竟能达到哪种均衡则依赖于演化的初始条件及演化路径。由于战略性新兴产业集群中存在创新的不确定性与风险性,集群主体的创新行为多是一种缓慢演化的过程。因此,可用生物演化的复制动态机制模型对其进行分析。在具体的创新博弈过程中,每个集群成员根据自身在群体中的相对适应性来选择和调整各自的策略。具备有限信息的集群主体根据创新既得利益不断在边际上调整策略,以追求自身利益的改善,最终达到动态平衡<sup>[11]</sup>。

首先,假定在不考虑集群中政府和中介服务机构作用的前提下,企业和科研院所进行创新博弈。其次,假定企业出于协同创新利益的考虑,首先会尝试协同创新,但在与科研院所的博弈中,会表现出两种行为方式:一是坚持实行协同创新;二是实行独立创新。再次,假定科研院所首先尝试协同创新,在与企业的实际博弈中也会有这两种行为方式。企业群体和科研院所群体关于创新策略选择的演化博弈决定战略性新兴产业集群协同创新的动态演进过程。

对创新博弈影响要素进行如下假设: $i_s$ 为集群中企业s采取独立创新策略时的预期收益; $a_s$ 为企业s所拥有的创新资源; $c_s$ 为企业s的协同创新收益系数,表示企业的协同创新能力; $v_s$ 为风险系数,表示企业s采取协同创新策略时的风险; $a_{sc_s}$ 为企业s采取协同创新策略时的预期收益; $a_{sv_s}$ 为企业s采取协同创新策略时的初始成本。

同理, $i_t$ 为集群中科研院所t采取独立创新策略时的预期收益; $a_t$ 为科研院所t所拥有的创新资源; $c_t$ 为科研院所t的协同创新收益系数,表示科研院所的协同创新能力; $v_t$ 为风险系数,表示科研院所t采取协同创新策略时的风险; $a_{sc_t}$ 为科研院所t采取协同创新策略时的预期收益; $a_{tv_t}$ 为科研院所t采取协同创新策略时的初始成本。根据上述假设,企业与科研院所创新博弈的支付矩阵见图2。

		科研院所	
		协同创新	独立创新
企业	协同创新	$i_s + a_{sc_s} - a_sv_s, i_t + a_{sc_t} - a_tv_t$	$i_s - a_sv_s, i_t$
	独立创新	$i_s, i_t - a_tv_t$	$i_s, i_t$

图2 企业与科研院所创新博弈的支付矩阵

首先,假设在集群中选择协同创新策略企业的比例为m,选择独立创新策略企业的比例为1-m;其次,假设在集群科研院所中,选择协同创新策略科研院所的比例为n,选择独立创新科研院所的企业比例为1-n。那么,企业选择协同创新策略的收益为:

$$u_s = n(i_s + a_{sc_s} - a_sv_s) + (1-n)(i_s - a_sv_s) \quad (1)$$

企业选择独立创新策略的收益为:

$$u_s = ni_s + (1-n)i_t \quad (2)$$

则企业创新的平均收益为:

$$\bar{u}_s = mu_s + (1-m)u_t \quad (3)$$

同理可得科研院所创新的平均收益为:

$$\bar{u}_t = mu_s + (1-m)u_i \quad (4)$$

分别构造企业和科研院所创新的复制动态方程组为:

$$\begin{cases} dm/dt = m(1-m)(ma_s c_s - a_s v_s) \\ dn/dt = n(1-n)(ma_s c_t - a_t v_t) \end{cases} \quad (5)$$

企业和科研院所创新博弈的演化过程可以由复制动态方程组(5)来描述。在式(5)中, 分别令  $dm/dt = 0$ 、 $dn/dt = 0$ , 由此可得, 当  $m = 0$ 、 $1$  或  $n = a_s v_s / a_s c_s$  时, 集群中采取协同创新企业的比例是稳定的; 当  $n = 0$ 、 $1$  或  $m = a_t v_t / a_t c_t$  时, 集群中采取协同创新策略科研院所的比例是稳定的。基于上述分析可以得到企业和科研院所创新演化博弈模型的均衡点为:  $(0,0)$ 、 $(1,0)$ 、 $(0,1)$ 、 $(m^*, n^*)$ , 其中  $m^* = a_t v_t / a_s c_t$ ,  $n^* = a_s v_s / a_t c_s$ 。

### 3 企业与科研院所创新博弈动态演化过程

战略性新兴产业集群中企业与科研院所协同创新的演化稳定性通过对雅克比矩阵的局部稳定性分析得到。方程组(5)的雅克比矩阵为:

表 1 三种情况下的局部稳定点分析结果

均衡点	$a_s c_s < a_s v_s, a_s c_t < a_t v_t$			$a_s c_s < a_s v_s, a_s c_t > a_t v_t$			$a_s c_s > a_s v_s, a_s c_t < a_t v_t$			
	$ J $	符号	$tr(J)$	符号	$ J $	结果	$ J $	符号	$tr(J)$	结果
$m=0, n=0$	+	-	ESS	+	-	ESS	+	-	ESS	
$m=1, n=0$	-	不确定	鞍点	+	+	不稳定	-	不确定	不稳定	
$m=0, n=1$	-	不确定	鞍点	-	不确定	鞍点	+	+	鞍点	
$m=1, n=1$	+	+	不稳定	-	不确定	鞍点	-	不确定	鞍点	

(2)当  $a_s c_s > a_s v_s$ 、 $a_s c_t > a_t v_t$  时, 即当集群内企业和科研院所采取协同创新策略时的预期收益大于其成本时, 雅克比矩阵的稳定性分析见表 2。

表 2  $a_s c_s > a_s v_s, a_s c_t > a_t v_t$  时的局部稳定分析结果

均衡点	$ J $	符号	$tr(J)$	结果
$m=0, n=0$	+	-	ESS	
$m=1, n=0$	+	+	不稳定	
$m=0, n=1$	+	+	不稳定	
$m=1, n=1$	+	-	ESS	
$m=m^*, n=n^*$	-	0	鞍点	

进一步将两个群体类型比例变化复制的动态关系用一个坐标平面图表示, 见图 3(a)。从中可以对集群中企业和科研院所创新博弈的动态过程进行分析, 由两个不稳定的均衡点 A 和 C 与鞍点 D 连成的折线为系统收敛于不同状态的临界线, 初始状态在折线右上方时, 系统将收敛于  $B(1,1)$  点, 也即企业和科研院所都将采取协同创新策略; 初始状态在折线左下方时, 系统将收敛于  $O(0,0)$  点, 即企业和科研院所都将采取独立创新策略。由于我国战略性新兴产业集群正处于萌芽阶段, 集群内企业和科研院所的创新博弈演化还需经历一个长期过程, 因此在这一阶段的创新博弈过程中, 系统将保持协同创新与独立创新共存的局面。

$$J = \begin{pmatrix} (1-2m)(ma_s c_s - a_s v_s) & ma_s c_s (1-m) \\ ma_s c_t (1-n) & (1-2n)(ma_s c_t - a_t v_t) \end{pmatrix} \quad (6)$$

则

$$|J| = \begin{vmatrix} (1-2m)(ma_s c_s - a_s v_s) & ma_s c_s (1-m) \\ ma_s c_t (1-n) & (1-2n)(ma_s c_t - a_t v_t) \end{vmatrix} \quad (7)$$

矩阵 J 的迹为:

$$tr(J) = (1-2m)(ma_s c_s - a_s v_s) + (1-2n)(ma_s c_t - a_t v_t) \quad (8)$$

本文根据雅克比矩阵的局部稳定性分析法对 5 个平衡点进行稳定性分析。

(1)当  $a_s c_s < a_s v_s$ 、 $a_s c_t < a_t v_t$  或  $a_s c_s < a_s v_s$  或  $a_s c_t > a_t v_t$ 、 $a_s c_s > a_s v_s$ 、 $a_s c_t < a_t v_t$  时, 即集群内企业和科研院所中至少有一方的协同创新预期收益小于其协同创新风险成本时, 雅克比矩阵的稳定性见表 1。然后, 将两个群体类型比例变化复制的动态关系分别通过坐标图 3(b)、3(c)和 3(d)表示出来, 从演化动态轨迹示意图可知, 从任何初始状态出发, 系统都将收敛于  $O(0,0)$  点。也即, 在集群内企业与科研院所至少一方协同创新成本大于其收益的情况下, 只有集群成员选择独立创新才是演化的稳定策略。

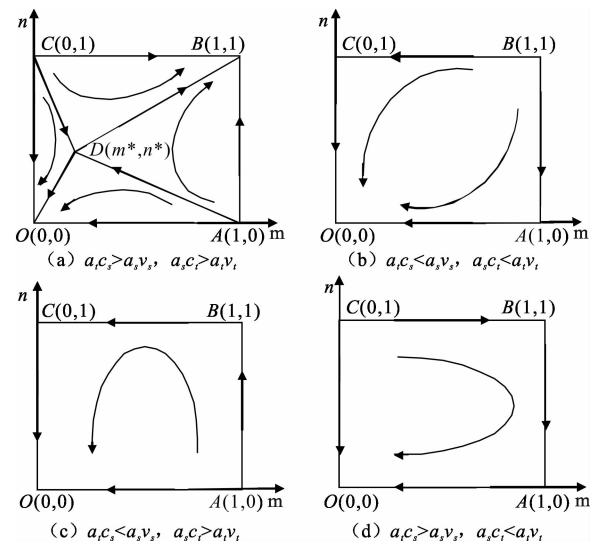


图 3 集群成员创新动态演化

### 4 基于参数变化的协同创新策略

在协同创新相关系数变化的影响下, 战略性新兴产业集群中企业与科研院所能否实现协同创新, 在很大程度上取决于协同创新的预期收益系数、协同创新风险系数和双方的创新资源水平。因此, 本文主要分

析在参数变化影响下企业与科研院所创新博弈的演化过程,并提出相应的协同创新策略。

(1) 集群主体协同创新预期收益系数。在其它参数不变的情况下,当 $c_s$ 和 $c_t$ 提高,即集群中企业和科研院所创新活动产生的预期收益变大时,从动态演化图看,折线上方的ADCB部分的面积将较大,系统收敛于均衡点B的概率也会随之增大,会有越来越多的集群主体选择协同创新策略;反之,则会有越来越多的集群主体选择独立创新策略。因此,在一项目创新活动开始之前,对协同创新利益的预期会促使集群中企业和科研院所对是否选择协同创新作出选择。当协同创新取得初步进展后,在创新收益的驱使下,集群成员会继续选择协同创新,并由此形成良性循环。在战略性新兴产业集群中,集群内企业与科研院所可以达成产业技术创新战略联盟,通过建立共同创新目标,协同开展创新,进而实现预期协同创新收益。

(2) 集群主体的协同创新风险系数。在其它参数不变的情况下, $a_sv_s$ 和 $a_tv_t$ 越小,则集群创新主体协同创新所付出的初始成本就越小,从动态演化图上看,折线上方的ADCB部分的面积将越大,演化系统收敛于B点的概率也就越大,博弈主体就越会选择协同创新策略;反之,博弈主体就越倾向于选择独立创新策略。战略性新兴产业集群创新过程中的风险性在很大程度上要求集群成员加强合作创新,而在实际合作过程中,企业和科研院所所在合作动机、资源占有、合作过程、知识转移和利益分配等方面会产生分歧,并由此产生协同创新风险,因此需要相应的机制作为保障。企业和科研院所应建立相互依赖和相互理解的有效沟通机制,加强双方的信任关系,形成适当的信任机制。在明确各方职责和权利的基础上,建立行之有效的运行机制,不断积聚技术、人才和信息等资源,并进行有效整合,建立利益分配与风险共担机制,使合作双方在共享创新收益的同时,共同承担创新过程中的风险。

(3) 集群主体的创新资源水平。集群主体的创新资源水平直接影响其对创新策略的选择,令 $k = a_s/a_t$ ,在图3(a)中,四边形ADCB的面积为:

$$s = 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{v_s}{c_s} k + \frac{v_t}{c_t} \frac{1}{k} \right) \quad (9)$$

$$\frac{ds}{dk} = -\frac{1}{2} \left( \frac{v_s}{c_s} + \frac{v_t}{c_t} \frac{1}{k^2} \right) < 0 \quad (10)$$

从上式可知,四边形ADCB的面积为k的减函数。于是,企业和科研院所之间创新资源和能力差距越小,四边形ADCB的面积越大,系统收敛于B的概率就越大,就会有越多的企业和科研院所采取协同创新策略;反之,四边形ADCB的面积越小,集群中企业和科研院所就倾向于采取独立创新策略。这说明,在企业和科研院所的协同创新中,创新资源和创新能力不宜有

较大差距,否则协同效应就会大大降低。战略性新兴产业集群中企业或科研院所所在选择创新合作伙伴时,应考虑双方的知识位势因素,最好选择创新资源与能力互补的合作伙伴<sup>[12]</sup>;而在企业与科研院所具体的创新合作过程中,更要注重双方创新资源的充分共享和创新能力的互补,从而使协同创新贯穿于整个创新活动中。

## 5 结语

本文从产业集群成员关系的角度出发,探讨了战略性新兴产业集群协同创新策略,并运用演化博弈理论,构建了战略性新兴产业集群中企业与科研院所创新演化的博弈模型,对创新博弈的演化过程进行了分析,并提出战略性新兴产业集群的协同创新策略。本文的不足之处在于,只讨论了集群中企业与科研院所的博弈,在以后的研究中应引入政府和中介机构,探讨政策环境和社会服务支持下战略性新兴产业集群的协同创新策略,进一步研究集群环境对协同创新的影响。

## 参考文献:

- [1] 朱瑞博.中国战略性新兴产业培育及其政策取向[J].改革,2010 (3):9-28.
- [2] 刘志阳,姚红艳.战略性新兴产业的集群特征、培育模式与政策取向[J].重庆社会科学,2011 (3):49-55.
- [3] 张力.产学研协同创新的战略意义和政策走向[J].教育研究,2011 (7):18-21.
- [4] 杨耀武,张仁开.长三角产业集群协同创新战略研究[J].中国软科学,2009 (S2):136-139.
- [5] 张哲.基于技术扩散的产业集群创新动力研究[J].山东社会科学,2009 (2):111-113.
- [6] 易明.关系、互动与协同创新:产业集群的治理逻辑——基于集群剩余的视角[J].理论月刊,2010(8):166-169.
- [7] 张琼瑜.高新技术产业集群创新的协同机理研究[J].当代经济,2011 (10):140-141.
- [8] 肖江平.如何构筑我国战略性新兴产业集群的政策支撑体系[J].商业时代,2011 (4):125-126.
- [9] ANDERSSON T, et al. The cluster policies whitebook[R]. International Organization for Knowledge Economy and Enterprise Development,2004:39-40.
- [10] PORTER M E. Clusters and the new economics of competition, harvard business review[J]. 1998,76(6):77-90.
- [11] 易余胤,盛昭瀚,肖条军.企业自主创新、模仿创新行为与市场结构的演化研究[J].管理工程学报,2005 (1):14-18.
- [12] 李莉,党兴华,张首魁.基于知识位势的技术创新合作中的知识扩散研究[J].科学学与科学技术管理,2007 (4):107-112.

(责任编辑:王敬敏)