

供应链集群创新系统成长模式选择

计国君¹, 蒯人杰², 徐妍³

(厦门大学 1. 两岸关系和平发展协同创新中心; 2. 管理学院;
3. 公共事务学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 创新系统是供应链集群持续发展的核心, 本文从生态位视角分析供应链集群创新系统的类型和生态位构成, 并模拟供应链集群创新系统生态位扩充和创新产出增长过程, 根据创新模式选择标准得出各阶段对应系统类型的创新模式选择策略: 完全封闭集群创新系统可选择渐近式创新模式; 对于半封闭集群创新系统, 相对主导子系统选择渐近式或量子式创新模式而相对弱势子系统可选择量子式或破坏式创新模式; 对于半开放集群创新系统, 集群环境较好时选择渐近式或量子式创新模式, 反之可选择量子式或破坏式创新模式; 对于完全开放集群创新系统, 劳动密集型系统选择渐近式创新模式, 技术密集型系统选择渐近式或量子式创新, 知识密集型系统选择量子式或破坏式创新模式。

关键词: 生态位; SCC 创新系统; 成长模式

中图分类号: F253.4 **文献标识码:** B

DOI:10.13902/j.cnki.syyj.2014.11.020

创新系统是供应链集群持续发展的核心, 已有研究包括集群式供应链^[1]、供应链集群^[2]的概念, 集群的形成原因、组织结构、聚集类型等。例如集群形成原因主要包括商业传统和人文因素、历史和地理因素、资源禀赋^[3]等。从集群组织结构角度, 集群可分为以平等交易、各企业水平联系的“市场型”和以大企业为中心、众多中小企业围绕的“锥形”集群模式^[4]。根据聚集类型可将集群分为单纯的集聚模型、产业复杂模型及社会网络模型等类型^[5], 供应链创新的集聚即形成了创新型集群, 创新型集群的产生来自外在的技术约束与压力、内在的经济约束与诱因两个方面^[6]。从生态学的角度, 集群可看作既是充满竞争又相互依赖

的“企业种群”构成的企业群落^[6], 突出资源竞争和选择机制的作用^[7]。产业集群创新研究主要集中在创新网络结构和成员构成^[8]及合作演化博弈^[9]等方面。集群创新系统是一个远离平衡态的系统, 是随着时间变化逐渐向新的平衡态跃迁, 而供应链集群创新也是一个能级跃迁的过程^[10]。

在集群创新系统中既不可忽视集群边界, 又要关注集群中可能存在的阻碍创新的因素^[11]。已有生态位理论在企业成长决策中的应用主要集中在企业竞争力评价^[12], 品牌竞争^[13]以及选择、调控和优化生态位以实现生存战略^[14]等方面。已有文献表明: (1) 多以产业集群和国家创新系统作为研究对象, 以供应链集群创新系统为研究对

收稿日期: 2014-05-29

作者简介: 计国君 (1964-), 男, 安徽肥东人, 厦门大学两岸关系和平发展协同创新中心教授, 博士生导师, 管理学博士, 研究方向: 技术经济; 蒯人杰 (1986-), 女, 合肥人, 厦门大学管理学院研究生, 研究方向: 技术经济; 徐妍 (1994-), 女, 河南信阳人, 厦门大学公共事务学院研究生, 研究方向: 公共管理。

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于战略顾客行为的跨渠道设计研究”, 项目编号: 71371159; 国家自然科学基金项目, 项目编号: 71201138; 教育部人文社会科学研究青年基金项目, 项目编号: 12YJC630264; 福建省自然科学基金项目, 项目编号: 2012J01304。

象的较少；（2）以概念、类型、结构、链间关系、形成机理等研究内容为主，研究集群创新系统成长过程的较少；（3）生态位理论应用于企业竞争策略选择的较多，关注供应链集群创新决策的较少。

鉴于上述，本文在延伸供应链集群概念的基础上，以供应链集群创新系统为研究对象，利用态势理论和创新系统特性，从生态位视角分析集群创新系统构成和成长类型；利用生态位理论模拟创新系统的成长过程，探讨各阶段对应系统类型的创新模式选择。

一、供应链集群创新系统生态位

（一）供应链集群创新系统

1. 供应链集群。根据 ME Porter（2003）关于集群^[12]、Viswanadham N 等（2003）关于供应链集群^[2]以及黎继子（2006）关于集群式供应链^[1]的定义，结合供应链集群的特点，将供应链集群

（Supply Chain Cluster, SCC）定义为在某集群地域及相关范围内，分布着大量相同、相似或相关的广义产品链，大量游离的物流服务供应商、组织机构、科研单位等组织以及各类资源，各主体之间存在资源的争夺、合作等关系，是一个自适应的生态系统。在地理范围上考虑某集群地域及相关范围，突出集群动态演化特点、集群间子系统的交互和外部环境因子的作用；在主体范围上考虑广义产品链及游离企业，包含大中及全球定位在内的各种类型企业，突出供应链集群中的供应链主体特点和相对主导地位；在内部构成上考虑供应链、游离企业，各主体间的生态关系和创新资源，突出生态系统中资源的重要性及由此产生的竞合关系。

2. 供应链集群创新系统。创新是企业保持持续增长的不竭动力，创新系统是供应链集群不断发展壮大的核心。SCC 创新系统由集群内各供应链的创新系统构成，是一个输入、转化和输出系统，如图 1。

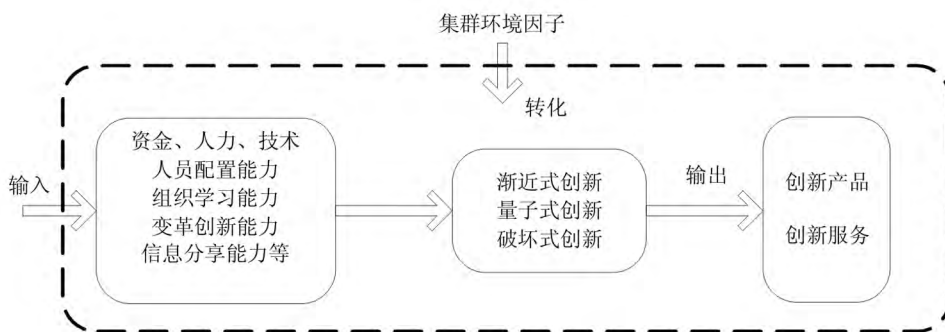


图 1 SCC 创新系统图示

SCC 创新系统的输入指各类创新资源，主要包括资金资源、人力资源、技术资源等基础创新资源及人员配置能力、变革能力、信息分享能力等核心创新资源；创新系统的输出主要包括创新服务、创新产品、创新思想及理念等，创新产出在一定条件下可转化为创新收益，是衡量创新产出价值的重要指标；创新系统转化指该创新系统根据目前创新系统生态位拥有状况，选择诸如渐近式创新、量子式创新、破坏式创新等模式，将创新资源转化成创新产出的过程；环境影响因素指创新系统受到的群内子系统间的交互、群外创新系统的信息共享、资源交互、政策干预等。

（二）供应链集群创新系统类型

根据供应链集群创新系统成长过程是否受到集群外部环境的影响，可将该供应链集群创新系统划

分为封闭式和开放式两大类型；根据集群创新系统内部是否有交互，进而细分为完全封闭式、半封闭式、半开放式和完全开放式四种类型。同时，SCC 创新系统各类型反映了对应成长阶段的特点，如表 1。

封闭式 SCC 创新系统是指该创新系统成长不受外部环境的影响，属于独立的创新系统，一般为系统成长的初级阶段。完全封闭式 SCC 创新系统是指内部供应链间创新资源无交互，属于完全独立的子系统组成的创新系统，集群内各链完全采用各自的技术手段和产品工艺，相互之间无信息共享，一般为供应链集群创新系统的形成初期，处于产品的探索阶段。半封闭式 SCC 创新系统是指创新子系统间有部分信息交互与共享，集群内各产品链有一定的相似或相关性，此类型一般是供应链为寻求产品链的延伸或创新技术支持，与集

群内供应链或其他组织进行创新资源或信息交互。

开放式 SCC 创新系统是指该系统成长过程中受到外部环境影响,与外部环境有交互,属于非独立、开放式的创新系统,一般为成长的中后期。半开放式的 SCC 创新系统是指内部各产品链间无交互,但各产品链与集群外有交互,此类集群内部产品链间相关性较弱,缺少稀缺类创新资源,需从集

群外部寻求人力、资金、成本等优势资源;或者产品链为全球定位的大中型企业,有与集群外部相关企业交互的必要性。完全开放式 SCC 创新系统指集群内外部均有交互,属于信息共享下可持续创新的一般类型,此类集群一般为 SCC 创新系统的高速发展期或成熟期,以高新技术或知识创新为主的 SCC 创新系统是该类型的代表。

表 1 各类型 SCC 创新系统成长特点比较

类型	成长阶段	系统特点	成长特点	主要任务	代表案例
封闭式	完全封闭 I	内外部均无交互	各产品链创新系统独立成长,各自为大,一般为成长初期	获取集群内创新资源,形成产品链	湖北仙桃彭场镇无纺布供应链集群形成初期
	半封闭 II	内部有交互,外部无交互	相似或相关产品链聚集,创新系统成长期	集群内创新资源交互,相关产品链不断延伸、完善	台湾自行车供应链集群内封闭成长阶段
开放式	半开放 III	内部无交互,外部有交互	与集群外部产品链、组织机构或政府部门有交互,创新系统成长期	产品链较完善,加强与外界交互,寻求外部创新资源	台湾自行车供应链集群外开放成长阶段
	完全开放 IV	内外部均有交互	动态成长阶段,一般为创新系统快速成长或稳定发展期	不断创新,注重信息共享及产品升级	硅谷、中关村等供应链集群稳定发展阶段

(三) 供应链集群创新系统生态位

广义生态位不仅包含群体和所处环境条件之间的关系,而且还包括生物群落之间的竞争、捕食-被捕食、寄生-寄主、共生互惠等种间关系^[15]。SCC 创新系统可视为一个生态系统,其内部构成包

括各主体、主体间的关系、各种资源以及环境影响因素等,各部分构成 SCC 创新系统生态位。就组成结构上,SCC 创新系统生态位由群内各供应链创新系统生态位构成,同时受到集群环境影响。SCC 创新系统生态位构成如图 2 所示。

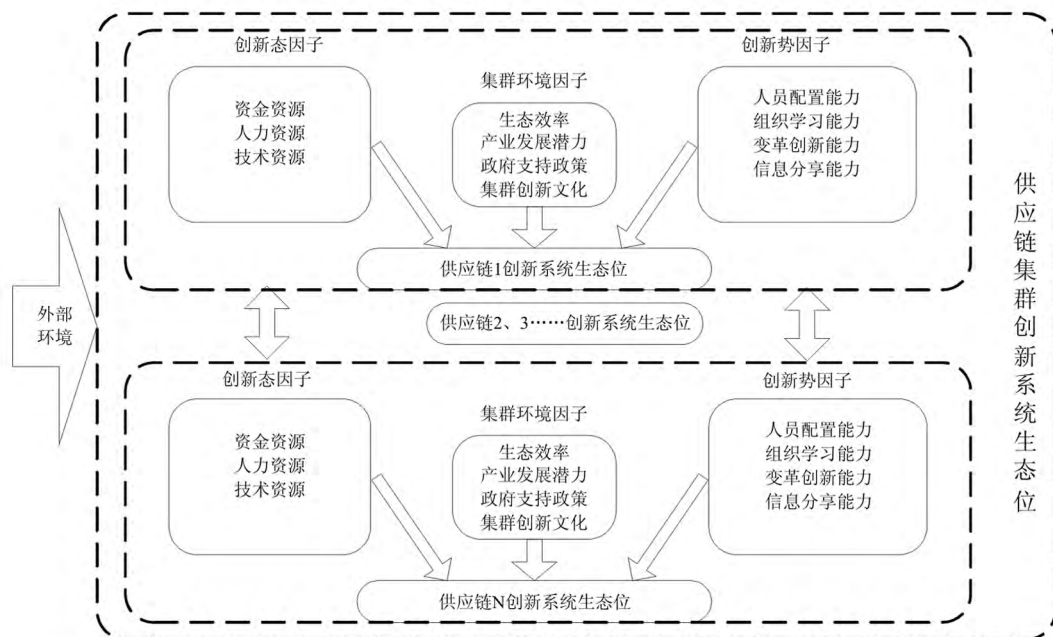


图 2 SCC 创新系统生态位构成

根据生态位“态势”理论，为描述集群内外部因素对供应链创新系统成长的影响，考虑将集群环境影响因子从生态位态势因子中分离开，态因子和势因子构成狭义生态位因子，而狭义生态位因子和环境影响因子构成广义生态位因子。如果采用广义生态位因子表征 SCC 创新系统生态位状况，则 SCC 创新系统生态位因子主要包括创新态因子、创新势因子和集群环境影响因子。其中：

(1) 创新态因子是指创新系统中创新资源拥有状况，主要包括资金资源、人力资源、技术资源等描述集群规模的因子，是创新系统的基础输入要素，是实现创新的必要条件。(2) 创新势因子是将创新资源转化为创新产出的一系列能力，主要包括人员配置能力、组织学习能力、变革创新能力、信息共享能力等描述创新系统增长能力的因子，是实现创新转化的重要手段，也是创新产出提升的关键因素。(3) 环境影响因子是指在创新系统生态位扩充或是创新产出转化过程中受到的外环境影响。例如，国际创新趋势变化、外部投资的引入或撤离、产业发展带来的政策倾斜等。

二、供应链集群创新系统成长模式选择

SCC 创新系统是创新生态位输入、转化和创新产出输出的过程，SCC 创新系统成长包括创新生态位扩充和创新产出增长两个方面。创新系统的成长模式即在考虑生态位扩充和创新产出增长时，随着成长阶段变化，创新资源转化中创新模式的阶段性决策。

(一) SCC 创新系统生态位扩充

1. 基础模型。由于受到资源、环境和政策限制，集群内存在最大容量的问题^[3]，同时企业资源变化规律符合 Logistic 曲线。考虑集群中存在供应链 SC1、SC2，则二者创新系统生态位宽度变化符合 Logistic 模型，即：

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1} - \alpha \frac{N_2}{K_2} \right) \\ \frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(1 - \frac{N_2}{K_2} - \alpha \frac{N_1}{K_1} \right) \end{cases} \quad (1)$$

其中， N_1 、 N_2 分别为 SC1、SC2 创新系统生态位宽度， K_1 、 K_2 分别为二者创新系统生态位宽度上限， r_1 、 r_2 分别为瞬时增长率， α ($\alpha > 0$) 为对称 α 法中的生态位重叠，表示单位数量 SC2 消耗的资源为数量 SC1 消耗的资源资源的 α 倍^[16]，反映

SC1、SC2 间针对某种创新资源争夺情况。

2. 扩展模型。SCC 创新系统生态位扩充时，会受到集群内部交互和外部环境的影响。在广义生态位因子定义的基础上，考虑引入竞合效应和集群效应，讨论各成长阶段下的生态位扩充。生物系统中物种间一般存在竞争、互利和捕食 - 被捕食等三种生态关系。竞争效应是指集群内链间竞争关系，一般用生态位重叠度 α 表示。基于 SCC 创新系统的创新主体是供应链，捕食 - 被捕食关系可看成是供应链的横向或纵向延伸；互利关系可看成是链间、供应链与组织机构等的合作。因此，SCC 创新系统中各子系统间关系可概括为竞合关系。基于此，用 α 表示集群内链间的竞合效应，且 $-1 \leq \alpha \leq 1$ 。当 $\alpha > 0$ 时，产生竞争效应，即链间发生了集群内部创新资源的争夺；当 $\alpha < 0$ 时，存在合作效应，即链间产生创新合作；当 $\alpha = 0$ 时，二者间无任何创新信息及资源交互。

集群效应是指供应链创新系统受到集群内外环境因素影响表现出的促进或抑制作用，采用广义生态位因子中的环境影响因子对供应链生态位扩充的影响系数， ε ($-1 \leq \varepsilon \leq 1$) 表示供应链创新中获得的集群效应，例如游离企业、产业政策等对供应链创新的贡献等。对 SCC 创新系统而言，存在集群效应即发生了集群内外部创新资源交互，产生创新系统生态位和创新能力的增加或减少。当 $\varepsilon > 0$ 时获得正集群效应，与外界创新资源的交互对创新系统起促进作用；当 $\varepsilon < 0$ 时获得负集群效应，与外界创新资源的交互对创新系统起抑制作用；当 $\varepsilon = 0$ 时无集群效应，SCC 创新系统与集群外部无创新资源交互。

在考虑竞合效应 α 和集群效应 ε 的基础上，假设集群中存在的供应链创新系统 SC1、SC2，则二者创新系统生态位扩充的扩展模型为：

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1} - \alpha \frac{N_2}{K_2} + \varepsilon_1 \right) \\ \frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(1 - \frac{N_2}{K_2} - \alpha \frac{N_1}{K_1} + \varepsilon_2 \right) \end{cases} \quad (2)$$

其中 N_1 、 N_2 分别为 SC1、SC2 创新系统生态位宽度， K_1 、 K_2 分别为二者生态位宽度上限， r_1 、 r_2 为瞬时增长率， α 为二者间竞合系数， ε_1 、 ε_2 为二者获得的集群效应系数，且 $-1 \leq \alpha \leq 1$ ， $-1 \leq \varepsilon_1$ ， $\varepsilon_2 \leq 1$ 。

随着各供应链创新系统不断发展，逐渐聚集

并构成 SCC 创新系统。当系统内部成员间的竞合关系达到平衡, 则能维持某种长期均衡状态; 当成员各自保持其创新系统生态位, 且外界环境相对稳定, 则该系统达到生态平衡, 实现阶段性稳定协调的发展。在短期内稳态下, SC1、SC2 创新系统生态位宽度 N_1^* 、 N_2^* 分别为:

$$\begin{cases} N_1^* = \frac{(1 + \varepsilon_1) - \alpha(1 + \varepsilon_2)}{1 - \alpha^2} K_1 \\ N_2^* = \frac{(1 + \varepsilon_2) - \alpha(1 + \varepsilon_1)}{1 - \alpha^2} K_2 \end{cases} \quad (3)$$

式 (3) 为 SCC 创新系统成长过程中, 同时考虑竞合效应和集群效应时, 各供应链创新系统生态位宽度的生态均衡。

3. 各成长阶段 SCC 创新系统生态位扩充。SCC 创新系统不同的成长阶段和类型表现出不同的竞合效应与集群效应, SCC 创新系统由供应链创新系统构成, SCC 创新系统生态位宽度为各供应链创新系统生态位宽度的总和。

阶段I: 完全封闭 SCC 创新系统 ($\alpha = 0, \varepsilon = 0$), 此时 SCC 创新系统生态位宽度稳态值 N^* 为:

$$N^* = K_1 + K_2 \quad (4)$$

在此阶段下, SCC 创新系统内各子系统进行供应链独立创新, 产品链间无任何信息交互和创新资源流动。此时为 SCC 创新系统成长初级阶段, 反映了完全封闭 SCC 创新系统的成长特点, 各产品链独自开发实现创新, 是产品链的设计和探索发展期。

阶段II: 半封闭 SCC 创新系统 ($\alpha \neq 0, \varepsilon = 0$)。此时, SCC 创新系统生态位宽度稳态值 N^* 为:

$$N^* = \frac{1}{1 + \alpha} (K_1 + K_2) \quad (5)$$

此阶段为 SCC 创新系统成长的一种模式, 由于集群内产品链间存在一定的相似或相关性, 创新子系统间存在竞合关系, 反映了半封闭式 SCC 创新系统的成长特点。

当 $\alpha > 0$, 创新子系统在创新过程中争夺创新资源, 二者在创新工艺上有一定的重叠性和竞争性。在集群形成初期, 相似产品供应链为获取资金、人力、技术等资源优势, 在集群范围内形成链间竞争关系。此时, 由于产品创新工艺的技术相似性, 相近产品链逐渐靠拢, 形成实质上的产品细分集群, 这是集群内产业不断细化分离的过程。

当 $\alpha < 0$, 创新子系统在创新过程存在创新资

源或信息的交流共享, 形成一定的合作关系。包括产品链间的合作、与其他游离企业合作等。当产生相关产品链间的捕食 - 被捕食关系, 则产生供应链创新系统的纵向延伸; 当发生供应链的横向合作创新等, 则是供应链创新系统的横向拓展; 当二者同时产生, 则是供应链创新系统的网络式拓展。

阶段III: 半开放 SCC 创新系统 ($\alpha = 0, \varepsilon \neq 0$)。此时, SCC 创新系统生态位宽度稳态值 N^* 为:

$$N^* = (1 + \varepsilon_1) K_1 + (1 + \varepsilon_2) K_2 \quad (6)$$

此阶段为 SCC 创新系统成长的另一种模式, 由于地理聚集的随机性, 供应链间产品相关性 & 创新工艺相似性较低, 供应链在创新过程中未能在集群内部寻得合作伙伴, 或者由于某些创新资源的稀缺性所形成的逐渐向集群外部扩散并寻求创新资源的现象, 反映了半开放式 SCC 创新系统的成长特点。但在争夺集群外创新资源, 实现资源及信息共享的过程中存在风险。当 $\varepsilon > 0$, 存在正集群效应, 例如获得政策支持、投资和优惠政策或引进先进创新技术和创新理念等, 则创新系统生态位得到扩展, 创新能力获得更大成长空间; 当 $\varepsilon < 0$, 存在负集群效应, 例如创新产业或工艺处于政策限制范围, 集群内部创新资源外溢或为寻求外部创新资源付出成本过高, 则创新系统生态位宽度减弱, 创新能力下降。

阶段IV: 完全开放 SCC 创新系统 ($\alpha \neq 0, \varepsilon \neq 0$)。此时, SCC 创新系统生态位宽度稳态值 N^* 为:

$$N^* = \frac{(1 + \varepsilon_1) - \alpha(1 + \varepsilon_2)}{1 - \alpha^2} K_1 + \frac{(1 + \varepsilon_2) - \alpha(1 + \varepsilon_1)}{1 - \alpha^2} K_2 \quad (7)$$

此阶段反映了完全开放 SCC 创新系统的成长特点, 是系统成长的长期动态稳定。随着产品供应链的完善和集群内产品链的丰富, 高竞争力产品链不断聚集并完成创新资源的共享及争夺, 同时加快与集群外部信息交流, 更快速有效获得集群外有效创新资源。为达成 SCC 创新系统的可持续发展, 集群内外创新资源交换频繁, 形成开放的 SCC 创新系统, 并逐渐达到稳态。

(二) SCC 创新系统成长模式选择

1. SCC 创新系统创新产出增长。SCC 创新系统是一个生态系统, 考虑某 SCC 创新系统中存在两供应链创新子系统, 某供应链创新产出水平受到另一条供应链产出水平的影响^[10], 则供应链 i 创

新产出模型为:

$$\frac{dX_i}{dt} = r_i X_i \left(1 - \frac{X_i}{P_i + w_i(X_j)} \right) \quad i \neq j \quad i, j = 1, 2 \quad (8)$$

$\frac{dX_i}{dt}$ 表示供应链 i 单位时间内创新产出水平变化; X_i 是时间 t 的函数, 表示供应链 i 的创新产出水平; r_i 是供应链 i 在可变资源下的产出水平增长率; P_i 是供应链 i 最大产出水平, 受限于最大创新系统生态位宽度; 当供应链 i 受到 j 的影响时, 则可表示为 $P_i + w_i(X_j)$, $w_i(X_j)$ 是供应链 i 受到供应链 j 的影响产生的创新产出的增减, $w_i(X_j) > 0$ 表示 i 链从 j 链获得创新资源价值, 是创新产出的额外增加; $w_i(X_j) < 0$ 表示 i 链外溢至 j 链的创新资源

价值, 是创新产出的额外减少。考虑集群中存在两供应链创新子系统 SC1, SC2, 则二者创新产出水平的变化符合模型:

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = r_1 X_1 \left(1 - \frac{X_1}{P_1 + w_1} \right) \\ \frac{dX_2}{dt} = r_2 X_2 \left(1 - \frac{X_2}{P_2 + w_2} \right) \end{cases} \quad (9)$$

其中 X_1 、 X_2 分别为 SC1、SC2 在 t 时刻的创新产出水平, r_1 、 r_2 为二者的瞬时增长率, P_1 、 P_2 为二者的最大创新产出, w_1 表示 SC1 因受到 SC2 影响引起的创新产出变化, w_2 表示 SC2 受到 SC1 影响引起的创新产出变化。

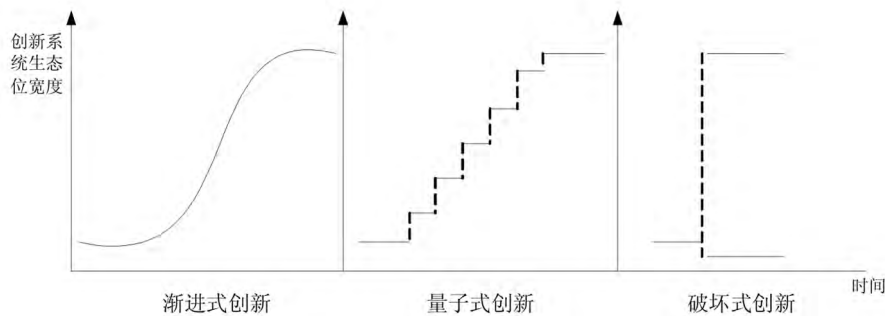


图3 常见创新模式与创新系统生态位宽度间的关系

2. 过程型创新模式。为表明创新模式与某阶段具有的创新生态位间的关系, 同时也反映创新系统成长的阶段性特点, 讨论各成长阶段下可选择的过程型创新模式。常见的供应链集群创新模式主要有渐近式、量子式和破坏式创新等^[17]: (1) 渐近式创新。是指产品的连续改进, 包括技术应用的渐近式发展。该创新模式是较为稳健的创新模式, 通过机械式组织即可完成渐近式创新, 主要适用于发展期或创新实力一般的企业, 其创新系统生态位变化平滑。(2) 量子式创新。反映新产品、服务的重大改进, 或某一方面的完全改变, 包括对现有技术的替换或是改进到另一个领域的量子性改变。量子式创新需要自适应的有机组织, 该组织一般为开放性复杂组织, 当外部环境变化较难预测时, 该组织具有很强的适应性、灵活性和可靠性。该模式适用于有较强创新实力和创意意愿的企业, 能敏锐地捕捉市场中创新需求的变化, 其创新系统生态位变化一般为跳跃式。(3) 破坏式创新。包括对新产品和过程的探索, 反映了市场的发

展且打破现有的技术。破坏式创新是很难计划的, 并且其研发产出相对于量子式创新较难预测。该模式适用于具有冒险意识、创新能力非常强并且能主动挖掘市场创新需求, 或是处于创新转型期的企业。其创新系统生态位变化较大, 一般为创新系统生态位的突然上升或下降。例如, 苹果通过其破坏式创新实现创新系统的快速成长, 并且绝对地控制市场。三种创新模式与创新系统生态位宽度间的关系如图3所示^[17]。

(三) 各阶段 SCC 创新系统成长模式选择

假设 SCC 创新系统创新产出与创新系统生态位同步增长, 根据创新系统生态位宽度与各创新模式的对应关系, 则阶段性创新模式的选择标准是选择与创新产出增长变化最匹配的创新模式。考虑 SCC 创新系统成长各阶段创新产出水平变化及与之匹配的创新模式, 体现在:

阶段 I: 完全封闭 SCC 创新系统 ($\alpha = 0, \varepsilon = 0$)。在此阶段, SCC 创新系统无竞合效应和无集群效应, 各供应链创新水平相互独立, 两供应链

创新系统的创新产出水平变化符合模型:

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = r_1 X_1 \left(1 - \frac{X_1}{P_1}\right) \\ \frac{dX_2}{dt} = r_2 X_2 \left(1 - \frac{X_2}{P_2}\right) \end{cases} \quad (10)$$

图 4 为式 (10) 的数值模拟结果, 其中 $X_1(0) = 0.25$ 、 $X_2(0) = 0.55$ 分别表示二者的初始创新产出水平, $r_1 = 0.5$ 、 $r_2 = 1$ 分别为二者创新产出增长率; $P_1 = 1$ 、 $P_2 = 1$ 表示二者最大创新产出水平, 可得到下列结论:

1. 当最大创新产出水平 P 一定, 无论初始创新产出水平如何, 创新增长系数如何, 稳态供应链创新产出都将达到最大值 P 。

2. 集群中各供应链创新系统独立完成创新产出水平增长, 相互无影响; 创新产出水平变化平滑, 无波动。根据创新模式的选择标准, 此时应采用渐近式创新模式。

阶段 II: 半封闭 SCC 创新系统 ($\alpha \neq 0, \varepsilon = 0$)。在此阶段, $w_i(X_j) \neq 0$, 两供应链创新系统间存在创新产出的相互影响, 二者的创新产出水平变化符合模型:

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = r_1 X_1 \left(1 - \frac{X_1}{P_1 + w_1(X_2)}\right) \\ \frac{dX_2}{dt} = r_2 X_2 \left(1 - \frac{X_2}{P_2 + w_2(X_1)}\right) \end{cases} \quad (11)$$

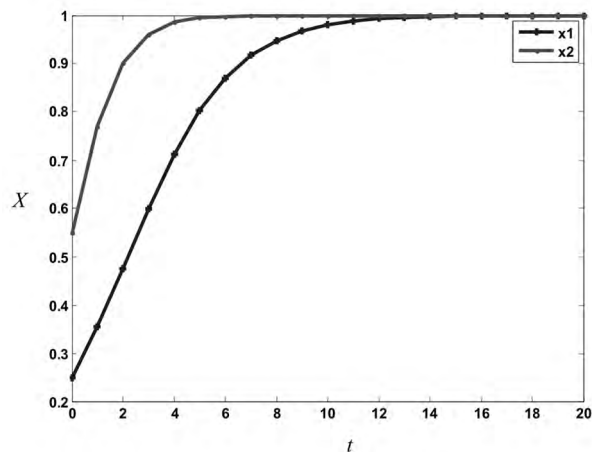


图 4 完全封闭 SCC 创新系统创新产出增长稳态

此时各参数范围下的数值计算结果如表 2 所示:

1. 当 $w_i(X_j) < 0$ 时, 集群内链间交互、创新资源流动带来供应链创新产出外溢, 稳态下创新水平下降, 当外溢程度越大, 其稳态创新产出水平越低。在 SCC 创新系统成长初期, 由于供应链系

统对产品需求市场反应不灵敏、对链间创新资源流动应对措施不足、信息不对称较严重、供应链绝对相似度高原因, 各产品链在进行创新生产时链间干扰性较强。即, 有下列结论:

(1) 集群内子系统间创新产出外溢, 则稳态下创新产出小于单独创新稳态值。

(2) 当 SC1 具有更强的竞争性, 则其对 SC2 创新产出的限制更强。

(3) 根据创新模式的选择标准, 当外溢程度较小时, 可采取渐近式或量子式创新模式; 当外溢程度较大时, 可采取量子式或破坏式创新模式。

对集群创新系统而言, 需要适度保护创新资源, 避免创新产出的外溢; 促进创新资源的有效流动; 采用一定的生态位错位策略。对政府而言, 需要加大政策扶持力度, 引导良性竞争。

2. 当 $w_i(X_j) > 0$ 时, 链间的创新资源流动促进创新产出水平的增长, 表现为创新资源的价值获得, 稳态下的产出水平均大于独立创新时的最大产出水平。根据创新模式的选择标准, 可得到下列结论:

(1) 相同的获得系数表示了相同的创新资源利用, 二者处于平等的创新资源交易关系, 此时应采取渐近式创新。

(2) 当二者在合作和资源交互中出现信息不对称, 资源共享有较大偏差, 则额外创新产出获得较少的供应链更倾向于量子式或破坏式创新, 以实现创新水平短时期内的恢复、增长和超越。

为保持稳定持续性创新, 各供应链创新系统应减少链间沟通障碍; 在合作过程中应增强信息和资源共享程度, 减少信息的严重不对称性。对集群整体而言, 建立各供应链不同的激励政策制度有助于供应链的量子式或破坏式创新, 有助于集群跃迁式创新实现。

3. 当 $w_1(X_2) * w_2(X_1) < 0$ 时, 两个供应链创新子系统一方表现为创新产出外溢, 另一方为获得, 二者可能为捕食 - 被捕食关系, 或者存在创新资源窃取等恶性竞争现象。当供应链创新子系统间表现为捕食 - 被捕食关系, 是主导供应链不断延伸完善的过程, 属于正常的生态关系。捕食完成后, 主导供应链需对被捕食者给予一定补偿以保证其捕食策略的持续, 此时主导者可采取渐近式或量子式创新, 被捕食者则采取跟随策略。当链间创新系统发生创新产出的恶意窃取等不公平竞争现象,

所需集群管理者参与协同管理，创造良好的创新市场秩序。
 环境，建立恶性竞争惩罚机制或揭发机制，以维护

表2 半封闭 SCC 创新系统创新产出数值模拟结果

	$X_1(0)$	$X_2(0)$	r_1	r_2	$P_1 = P_2$	w_1	w_2	(X_1^*, X_2^*)
$w_i(X_j) < 0$	0.25	0.55	0.5	1	1	-0.15	-0.15	(0.85, 0.85)
	0.25	0.55	0.5	1	1	-0.15	-0.25	(0.85, 0.75)
	0.25	0.55	0.5	1	1	-0.15	-0.55	(0.85, 0.45)
$w_i(X_j) > 0$	0.25	0.55	0.5	1	1	0.15	0.15	(1.15, 1.15)
	0.25	0.55	0.5	1	1	0.55	0.15	(1.55, 1.15)
$w_1(X_2) * w_2(X_1) < 0$	0.25	0.55	0.5	1	1	0.85	-0.15	(1.85, 0.85)

表3 半开放 SCC 创新系统创新产出数值模拟结果

	$X_1(0)$	$X_2(0)$	r_1	r_2	P_1	P_2	σ_1	σ_2	(X_1^*, X_2^*)
$\sigma > 0$	0.25	0.55	0.5	1	1	1	0.15	0.15	(1.15, 1.15)
$\sigma < 0$	0.25	0.55	0.5	1	1	1	-0.15	-0.15	(0.85, 0.85)

表4 完全开放 SCC 创新系统创新产出数值模拟结果

	$X_1(0)$	$X_2(0)$	r_1	r_2	$P_1 = P_2$	w_1	w_2	σ_1	σ_2	(X_1^*, X_2^*)
完全正环境	0.25	0.55	0.5	1	1	(0, 1) 随机数	(0, 1) 随机数	(0, 1) 随机数	(0, 1) 随机数	(2.125, 2.125)
完全负环境	0.25	0.55	0.5	1	1	(-1, 0) 随机数	(-1, 0) 随机数	(-1, 0) 随机数	(-1, 0) 随机数	(0.1, 0.1)
不确定环境	0.25	0.55	0.5	2	1	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(0.325, 0.425)
	0.25	0.55	1	1	1	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(0.4, 0.4)
	0.25	0.55	2	0.5	1	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(0.425, 0.325)
	0.55	0.55	2	0.5	1	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(-1, 1) 随机数	(0.425, 0.325)

阶段 III：半开放 SCC 创新系统 ($\alpha = 0, \varepsilon \neq 0$)。在此阶段， $\sigma \neq 0$ ，集群内部各创新系统间无资源交互，但与集群外部有交互，两供应链创新系统的产出水平变化符合模型：

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = r_1 X_1 \left(1 - \frac{X_1}{P_1} + \sigma_1 \right) \\ \frac{dX_2}{dt} = r_2 X_2 \left(1 - \frac{X_2}{P_2} + \sigma_2 \right) \end{cases} \quad (12)$$

1. 当 $\sigma > 0$ 时，受到集群政策倾斜、投资引导、新技术的引入、集群创新模式的升级等正集群环境影响，创新系统从外部吸收创新资源，进而促进创新产出增长，稳态时创新产出水平大于封闭集群下独立创新（对比阶段 I）产出水平。根据创新模式的选择标准，此时采用渐近式、量子式或破坏式创新。

2. 当 $\sigma < 0$ 时，受到集群外部创新环境恶化，政策限制等负集群环境影响，供应链在群内的创新资源外溢，进而抑制创新产出增长。稳态时创新

产出水平小于封闭集群下独立创新（对比阶段 I）产出水平。根据创新模式的选择标准，此时应加快创新系统生态位扩充，并采取量子式或破坏式创新以迅速恢复创新产出水平。因此，对于供应链创新系统而言，要顺应地区、国家和国际产业发展政策，例如 WEEE 回收条例对供应链创新的影响；增强与集群外部沟通，建立创新资源共享机制，防止创新资源的过量外溢。对集群管理部门或政府而言，对于创新周期较长的产业，政策调整应给予缓冲时间，减少创新转变带来的成本。

阶段 IV：完全开放 SCC 创新系统 ($\alpha \neq 0, \varepsilon \neq 0$)。在此阶段， $w_i(X_j) \neq 0$ 且 $\sigma \neq 0$ ，各创新子系统发生创新资源内外部交互，两供应链创新系统的创新产出水平变化符合模型：

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = r_1 X_1 \left(1 - \frac{X_1}{P_1 + \omega_1(X_2)} + \sigma_1 \right) \\ \frac{dX_2}{dt} = r_2 X_2 \left(1 - \frac{X_2}{P_2 + \omega_2(X_1)} + \sigma_2 \right) \end{cases} \quad (13)$$

此时的各创新子系统受到集群内竞合关系和集群外环境的影响, 考虑到不同环境和细分类型的影响, 创新系统会不断调整创新模式, 以达到短期稳定。

1. 完全正环境。当 $w_i(X_j) > 0$ 且 $\sigma > 0$, SCC 创新系统在成长过程中, 获得链间合作关系和正的集群效应, 即获得完全正环境效应。此时对于两创新子系统而言均是有利的, 属于获得政策扶持、合作创新的快速成长阶段, 创新产出水平变化如表 4。

2. 完全负环境。当 $w_i(X_j) < 0$ 且 $\sigma < 0$, SCC 创新系统在成长过程中, 获得链间竞争关系和负的集群效应, 即获得完全负环境效应。此时对于两创新子系统而言均是不利的, 属于政策收紧、技术趋于淘汰、竞争激烈的创新衰败期, 创新产出水平变化如表 4。

相应地, 得到下列结论:

(1) 当初始值 X_0 与创新增长系数 r 均不同时, 完全的正集群环境或负集群环境促使各子创新系统创新水平变化趋于一致, 不影响稳态时的创新产出水平。

(2) 完全正环境对创新系统成长起促进作用, 此类创新系统一般为较新型产业集群, 政策倾向性好, 集群内外沟通顺畅, 资源共享机制较完善, 属于增长力强、协同创新的 SCC 创新系统。

(3) 完全负环境对创新系统起抑制作用, 此类创新系统一般为政策限制性较强, 技术壁垒低, 集群内外沟通不畅, 资源共享性差, 属于技术完全成熟、待转型或趋于淘汰的 SCC 创新系统。

3. 不确定环境。当 $w_i(X_j)$ 、 σ 均不确定时, SCC 创新系统是一个复杂的生态系统, 其集群内主体间竞合关系和集群外影响是复杂且不确定的, 则该创新系统属于不确定创新环境。数值模拟结果如表 4 和图 5 所示。

从数值计算结果可得下列结论:

第一, 在不确定环境下, 不同的创新增长系数 r 影响稳态下的创新产出水平。 r 越大, 其稳态下达到的创新产出水平越高, 但低于单独创新时最大产出水平 P , 介于完全正环境和完全负环境创新水平之间。

第二, 在不确定环境下, 不同的初始创新水平 X_0 不影响稳态下的创新产出水平。

在完全开放型 SCC 创新系统成长中, 集群内

供应链产品类型及采取的创新技术类型影响创新增长系数, 进而影响创新模式的选择, 因此有:

(1) 劳动密集型细分的 SCC 创新系统由于主要采用劳动力的生产方式, 创新增长有限, 根据创新模式的选择标准, 可采取渐进式创新。当采用一些技术手段, 提高劳动密集型 SCC 创新产出水平, 且取得较大突破, 则劳动密集型 SCC 会逐渐向机械化、自动化方向发展, 原技术创新发展潜力较低的系统逐渐被淘汰。

(2) 技术密集型细分的 SCC 创新系统依托于技术进步, 技术进步带来的创新产出一般为阶段性增长, 根据创新模式的选择标准, 可采取量子式创新模式。当某一技术相对落后, 其创新能力迅速被其他技术代替, 或技术的快速外溢均将导致 SCC 创新能力的快速降低。

(3) 知识密集型细分的 SCC 创新系统依托于信息、知识等特殊的创新资源。因此, 根据创新模式的选择标准, 在该细分创新系统中最易实现量子式或破坏式创新模式。

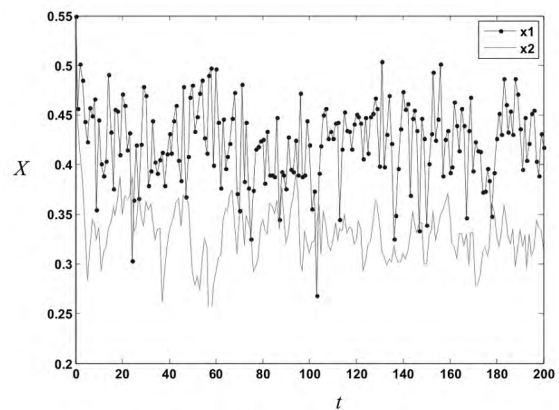


图 5 相同初始值、不同创新增长系数下 SCC 创新系统产出稳态

综合以上分析, SCC 创新系统成长各阶段创新模式选择如表 5 所示。

三、结论

本文从生态学视角, 讨论 SCC 创新系统成长及创新模式的阶段性决策。在重新定义供应链集群概念的基础上, 将 SCC 创新系统描述为输入、转化和输出系统; 在界定广义生态位范围的基础上, 探讨 SCC 创新系统生态位构成; 根据 SCC 创新系统各成长阶段的特点, 将 SCC 创新系统分为完全封闭式、半封闭式、半开放式和完全开放式四

种类型。

表5 SCC 创新系统成长各阶段创新模式选择

	相关条件	创新模式选择
阶段 I	无	渐近式创新
阶段 II	$w_1(X_2) * w_2(X_1) > 0$	地位相对平等: 渐近式创新 相对弱势: 量子式或破坏式创新
	$w_1(X_2) * w_2(X_1) < 0$	主导者: 渐近式或量子式创新
阶段 III	$\sigma > 0$	渐近式、量子式或破坏式创新
	$\sigma < 0$	量子式或破坏式创新
阶段 IV	劳动密集型	渐近式或量子式创新
	技术密集型	渐近式或量子式创新
	知识密集型	量子式或破坏式创新

SCC 创新系统成长包括生态位扩充和创新产出增长两个方面。讨论 SCC 创新系统生态位扩充时, 考虑各子系统之间的竞合关系及集群外部的集群效应, 引入竞合系数 α 和集群效应系数 ε , 建立 SCC 创新系统生态位扩充模型, 并就不同的 α 、 ε 取值讨论各成长阶段下的稳态生态位均衡值。同时, 引入创新产出函数, 建立 SCC 创新系统创新产出增长模型。根据创新模式选择标准, 分别就成长各阶段对应的类型讨论其阶段性决策, 主要得到以下结论: (1) 完全封闭式 SCC 创新系统应采取渐近式创新模式。(2) 半封闭式 SCC 创新系统, 当 $w_1(X_2) * w_2(X_1) > 0$ 时, 若子系统间地位相对平等, 则采取渐近式创新模式, 而相对弱势的子系统采取量子式或破坏式创新; 当 $w_1(X_2) * w_2(X_1) < 0$ 时, 相对主导的系统采取渐近式或量子式创新模式。(3) 对于半开放式 SCC 创新系统, 当 $\sigma > 0$ 时, 采取渐近式、量子式或破坏式创新模式; 当 $\sigma < 0$ 时, 则采取量子式或破坏式创新模式。(4) 对于完全开放 SCC 创新系统, 创新增长系数影响阶段性创新模式的选择。基于此, 劳动密集型创新系统可采取渐近式创新模式, 技术密集型创新系统可采取渐近式或量子式创新模式, 知识密集型创新系统可采取量子式或破坏式创新模式。

参考文献:

[1] 黎继子. 供应链管理 [M]. 北京: 中国经济出版社, 2006.

[2] Viswanadham N, Gaonkar R. Leveraging Logistics to Enhance Indian Economic Competitiveness [J]. CII Logistics, 2003.

[3] 王孝斌, 王学军. 创新集群的演化机理 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.

[4] 仇保兴. 小企业集群研究 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1999.

[5] Gordon I R, McCann P. Industrial clusters: complexes, agglomeration and/or social networks? [J]. Urban Studies, 2000, 37(3): 513.

[6] 王发明. 基于生态观的产业集群演化研究 [M]. 北京: 经济管理出版社, 2010.

[7] Staber U. An ecological perspective on entrepreneurship in industrial districts [J]. Entrepreneurship and Regional Development, 1997, 9(1): 37-48.

[8] 解学梅. 中小企业协同创新网络与创新绩效的实证研究 [J]. 管理科学学报, 2010, 13(8): 51-64.

[9] 周旻. 基于演化博弈的产业集群合作创新研究 [J]. 科技管理研究, 2012, 32(15): 209-212.

[10] Guojun J, Energy levels and co-evolution of product innovation in supply chain clusters [J]. E-business Technology and Strategy, 2010(113): 140-158.

[12] 迈克尔·波特. 竞争论 [M]. 高登第, 李明轩, 译. 北京: 中信出版社, 2003.

[13] Yuhong D, Xizhong W. Research on evaluation of enterprise's core staff based on niche [C]. Advanced Technology in Teaching - Proceedings of the 2009 3rd International Conference on Teaching and Computational Science (WTCS 2009). Springer Berlin/Heidelberg, 2012: 217-223.

[14] Li X, Peng G, Zhao H. Application study of brand niche theory in B2C brands overlap and breadth measurement [J]. Recent Progress in Data Engineering and Internet Technology, 2012: 363-369.

[15] 王刚, 赵松岭, 张鹏云. 关于生态位定义的探讨及生态位重盛计测公式改进的研究 [J]. 生态学报, 1984, 4(2): 119-126.

[16] 高鸿业. 西方经济学 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2007.

[17] Guojun J, Renjie K. The innovation system and innovation mode selection based on ecological niche in supply chain cluster [C]. 3rd International Conference on Emergency Management and Management Sciences (ICEMMS 2012), 2012: 267-270.

(责任编辑: 关立新)