

高新技术产业集群与区域创新系统 互动演化模型构建研究

付 丹^{1,2}, 刘 拓², 李柏洲²

(1.哈尔滨工程大学 国际级大学科技园,黑龙江 哈尔滨 150001;

2.哈尔滨工程大学 经济管理学院,黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要:以耗散结构理论为基础,构建了高新技术产业集群(High-tech Industrial Cluster, HIC)与区域创新系统(Regional Innovation System, RIS)之间互动演化的布鲁塞尔模型(Brusselator Model)。通过对该模型稳定性的定量分析,阐明了两者之间存在互动演化关系,并揭示了两之间相互作用和影响的细致结构与互动演化。对高新技术产业集群与区域创新系统之间相关性的研究具有重要的理论价值和实践意义。

关键词:高新技术产业集群;区域创新系统;耗散结构;互动演化

中图分类号:F276.44

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)14-0061-03

随着我国建设创新型国家战略的实施和“以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系”的建设与完善,近年来高新技术产业集群(High-tech Industrial Cluster, HIC)与区域创新系统(Regional Innovation System, RIS)之间的联系和互动机制越来越受到国内学术界的密切关注^[1]。然而,当前国内针对HIC与RIS之间互动演化机制的研究还比较少,已有研究多停留在定性分析与理论探讨层面,尚缺少对互动机制与演化模型的研究。

本文在已有研究的基础上,引入耗散结构论中的布鲁塞尔模型(Brusselator Model),对HIC发展和RIS演化之间的互动机制和非平衡演化进行深入分析,试图揭示两者之间相互作用的细致结构与互动演化。

1 HIC与RIS互动演化模型构建的前提

朱清海、李崇光^[2]深入研究了近年来基于产业集群的技术创新效应研究趋势,指出产业集群在信息传播与有效交流、知识共享和扩散、创新资源获取、基础设施共享等方面对区域技术创新具有重要的促进作用;杨冬梅、赵黎明、陈柳钦^[3]深入研究了RIS与产业集群之间地域、结构、功能和目标等关联关系,认为产业集群是RIS的重要载体,指出建设RIS的关键是促成产业集群形成和发展的制度条件,政府可制定促进产业集群与区域创新体系相融合的发展政策来提升区域创新能力;孙冰、李柏洲^[4]从系统论的观点

出发构建了企业技术创新动力系统,并运用耗散结构理论的主要观点对该系统进行研究;李兴华、蓝海林^[5]在对国内外有代表性的HIC案例进行实证分析的基础上,进而指出了HIC的自组织机制和耗散特征;李柏洲、朱晓霞^[6]在论证了RIS是一种耗散结构的基础上,以黑龙江省为例对该模型的研究结果进行了验证。

以上研究成果和佐证资料表明,RIS是远离平衡态的耗散系统,具有明显的耗散特征,HIC与RIS之间存在着密切的关联关系。根据以上研究前提和HIC与RIS演化的耗散特征,本文选用耗散结构论中的布鲁塞尔模型来揭示HIC与RIS之间的互动演化。

2 HIC与RIS互动演化的布鲁塞尔模型

耗散结构理论是系统科学中关于非平衡系统的理论,它通常使用化学中反应扩散方程来描述系统的演化^[7]。本文构建的布鲁塞尔模型反应方程组为:



上式中A、B为反应物,在反映过程中不断地消耗并能充分补充;D、E为生成物,在反应过程中不断被取走,以使反应能正常进行;X、Y是中间产物; k_1, k_2, k_3, k_4 为反应中的催化剂,它的数量多少影响反应速度。

具体来说,其中A表示RIS的发展政策;B表示RIS的客观环境(主要包括经济发展水平、高新技术产业集群状况

收稿日期:2008-05-09

基金项目:国家自然科学基金项目(70673014);黑龙江省攻关软科学项目(GC07D205)

作者简介:付丹(1978-),女,黑龙江哈尔滨人,哈尔滨工程大学经济管理学院博士研究生,研究方向为技术创新与产业发展;刘拓(1983-),男,山东德州人,哈尔滨工程大学经济管理学院博士研究生,研究方向为系统科学与混沌理论;李柏洲(1964-),男,辽宁彰武人,哈尔滨工程大学经济管理学院院长、教授、博士生导师,研究方向为现代管理理论与方法、技术创新与产业发展。

等); X 可以理解为产业集群内的高新技术企业通过改善企业组织关系、整合企业资源、不断适应集群外部环境变化,从而在未来一段时间内实现资产增值,达到整体扩张优势,从而获取社会公众信任并形成一定抵抗外部环境风险的能力,即高新技术产业集群成长力; Y 可以理解成产业集群内的高新技术企业通过内外资源的整合和利用,以促进技术创新产生的系统行为,也就是使高新技术企业在提供产品和劳务时,在价格及非价格要素方面比其竞争对手具有更大的市场吸引力,从而能够在适应、协调和驾驭外部环境的过程中成功获利的能力,即高新技术产业集群竞争力; D 表示RIS的创新能力; E 表示HIC的集群优势。

上述模型表示,HIC与RIS的协调发展主要取决于区域内的RIS发展政策和当地HIC发展状况等客观环境。在上述两种条件的作用下,经过中间因素的相互作用,必然会形成HIC的合理发展和RIS的有序演化。

按照简单巨系统建模方法,建立反应扩散的动力学方程,如式(1):

$$\begin{cases} \frac{\partial X}{\partial t} = k_1 A - k_2 B X + k_3 X^2 Y - k_4 X + D_1 \nabla^2 X \\ \frac{\partial Y}{\partial t} = k_2 B X - k_3 X^2 Y + D_1 \nabla^2 Y \end{cases} \quad (1)$$

式中字母 X, Y, A, B 均表示相应物质的数量或浓度, D_1, D_2 分别为 X, Y 两种物质的扩散系数。为方便计算,可以略去扩散项,相当于均匀搅拌的反应。进行变量转换,取

$$\tau = k_4 t, x = \sqrt{\frac{k_3}{k_4}} X, y = \sqrt{\frac{k_3}{k_4}} Y, \\ a = \sqrt{\frac{k_1 k_3}{k_4^3}} A, b = \frac{k_2}{k_4} B$$

式(1)转换为式(2):

$$\begin{cases} \frac{dx}{d\tau} = a - bx + x^2 y - x \\ \frac{dy}{d\tau} = bx - x^2 y \end{cases} \quad (2)$$

方程定态解为: $x_0 = a, y_0 = \frac{b}{a}$,表示系统存在均匀定态。

利用线性稳定性分析方法解多维非线性系统稳定性,令 $x = x_0 + \mu_1, y = y_0 + \mu_2, \mu_1, \mu_2$ 为小量。在方程右端 (x_0, y_0) 附近可展开多元函数的泰勒级数,得式(3):

$$\begin{cases} \frac{d\mu_1}{d\tau} = (b-1)\mu_1 + a^2 \mu_2 \\ \frac{d\mu_2}{d\tau} = -b\mu_1 - a^2 \mu_2 \end{cases} \quad (3)$$

其特征方程为: $\lambda^2 - \omega\lambda + a^2 = 0, \omega = b - 1 - a^2$ 。

根据 ω 的值确定系统的稳定性,方程的解为 $\lambda_{1,2} = \frac{1}{2}$

$\{\omega \pm \sqrt{\omega^2 - 4a^2}\}$ 。

(1)当 $\omega > 0, \omega^2 - 4a^2 > 0$ 时, $\lambda_{1,2}$ 皆为正。对定态解的任意扰动,使 x, y 远离定态解, (x_0, y_0) 为不稳定结点,结点附近随时间变动的具体情况如图1所示。

(2)当 $\omega > 0, \omega^2 - 4a^2 < 0$ 时, $\lambda_{1,2}$ 具有正实部的共扼复根。随

着时间的增长, μ_1, μ_2 也变大,此时定态解为不稳定焦点,焦点附近随时间变化情况如图2所示。系统会出现耗散结构分支,进而形成新的有序结构。当系统失稳后,由于系统内部非线性因素的相互作用,当系统的涨落达到临界时,系统会从初始状态 (x_0, y_0) 演化至新的状态 (x_1, y_1) ,并不断向高级有序方向 (x_2, y_2) 发展,如图3所示。

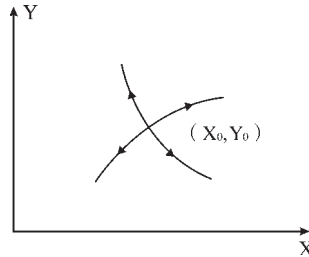


图1 不稳定结点

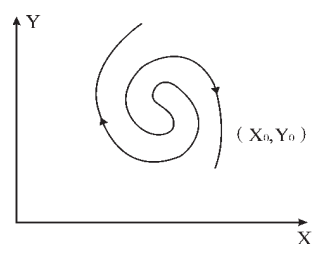


图2 不稳定焦点

(3)当 $\omega < 0, \omega^2 - 4a^2 > 0$ 时, $\lambda_{1,2}$ 皆为正,对定态解的任意扰动, x, y 仍会趋近定态解,称此时定态解为稳定的结点。得到与情况(1)一样的结果,只是演化的方向趋近定态解,结点附近随时间变动的具体情况如图4所示。

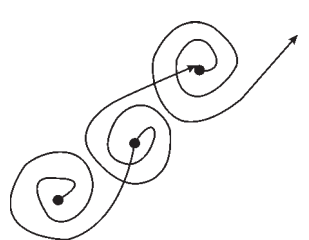


图3 系统发散形成的耗散结

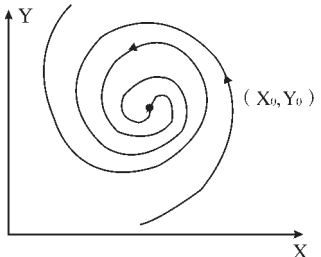


图4 稳定焦点

(4)当 $\omega < 0, \omega^2 - 4a^2 < 0$ 时, $\lambda_{1,2}$ 具有负实部的共扼复根。随着时间的增长, μ_1, μ_2 变小且趋向于零,但具有震荡特点。此时定态解为稳定焦点,如图5所示。

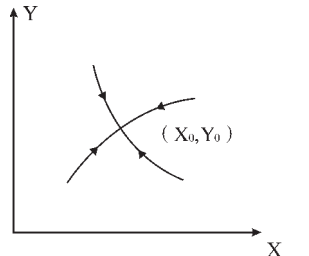


图5 稳定焦点

3 基于布鲁塞尔模型的HIC与RIS的互动演化分析

从上文构建的布鲁塞尔模型来看,系统能否向有序的耗散结构转化,取决于定态解是否能失稳,何时失稳,也就是取决于 a, b 的关系,即反应物 A, B 间的大小关系。要使系统向稳定的有序状态演化,则应使反应物浓度满足参数条件 $b > 1 + a^2$ 且 $\omega^2 - 4a^2 < 0$ 。而在模型中, a 因素与 ω 成抛物线变化,因此 a 因素是决定性因素。

(1)通过对上述耗散结构的分析可知,当 $\omega < 0$ 时(见图3、图4),系统是稳定的。表明当区域内HIC状况等客观环境较好,而区域创新发展规划的政策滞后时,系统是稳定

的。但是这种稳定是那种孤立的“死”的结构,会阻碍HIC的发展并导致其与RIS发展停滞不前^[7],而这是不可取的。

(2)当 $\omega > 0$ 时(见图1和图2),系统是失稳的,就有可能出现耗散结构。这种情况表明,区域创新发展规划等政策性因素超前于区域内HIC发展的现有客观环境时,系统是不稳定的。随着区域经济发展,区域内HIC的竞争力与成长力不断增强,RIS也会因此而朝着新的有序方向不断演化,从而增强区域的创新能力,这是理想的结果。

4 结语

本文在已有研究基础上,结合耗散结构理论对HIC与RIS之间互动机制的建模与量化问题进行了研究。通过在HIC与RIS之间构建互动演化的布鲁塞尔模型,进一步揭示出两者之间相互作用和影响的细致结构与互动演化。研究表明,健全的区域创新发展政策等良好客观环境,对促进高新技术产业集群发展的积极作用是非常明显的。本文的研究结论与现有相关研究具有互恰性,从而为相关研究提供了演化模型和理论基础,具有重要的理论价值和

实践意义。

参考文献:

- [1] 林迎星. 中国区域创新系统研究综述 [J]. 科技管理研究, 2007(5):1-4.
- [2] 朱清海,李崇光.产业集群、金融创新与区域经济发展[J].科学·经济·社会,2004(3):16-19.
- [3] 杨冬梅,赵黎明,陈柳钦.基于产业集群的区域创新体系构建[J].科学学与科学技术管理,2005(10):79-83.
- [4] 孙冰,李柏洲.企业技术创新动力系统的耗散结构研究[J].生产力研究,2006(9):244-246.
- [5] 李兴华,蓝海林.高新技术产业集群自组织机制与条件研究[M].北京:经济科学出版社,2004.9-10.
- [6] 李柏洲,朱晓霞.基于耗散与灰关联熵的RIS演化机制研究[J].科学学研究,2007(1):95-98.
- [7] 王子龙,谭谱美,许箫迪.区域企业集群动态演化模型分析[J].科技进步与对策,2006(2):105.

(责任编辑:赵 峰)

Study on Construction of Interactive Evolution Model of High-tech Industry Cluster and Regional Innovation System

Fu Dan^{1,2}, Liu Tuo², Li Baizhou²

(1. World-class Science and Technology Parks in University, Harbin Engineering University, Harbin 15001, China;
2. Institute of Economic & Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: Based on the theory of dissipative structure, brusselator model is established, which reflects the interactive evolution between High-tech Industrial Cluster and Regional Innovation System. With the quantitative analysis of the model's stability, the relationship between HIC and RIS is expounded, meanwhile, the subtle structure and interactive evolution of them is revealed. There are significant theoretical value and practical significance on study of relativity between HIC and RIS in this paper.

Key Words: High-tech Industrial Cluster; Regional Innovation System; Dissipative Structure; Interactive Evolution