

我国核型产业集群演进过程的系统建模分析

付 韬, 张永安

(北京工业大学 经济与管理学院, 北京 100124)

摘 要:核型产业集群目前我国广泛存在,其特殊的演进过程有待于认知和解释。以焦点企业产业集群理论为基础,采用一般系统理论建模方法,针对我国焦点企业最终产品绩效的提升过程构建系统模型,并且依据该模型对我国此类集群研究阶段性特征予以解释和论证。研究表明,核型结构产业集群演进过程可以划分为两个阶段:第一阶段,焦点企业彻底剥离简单组件,致力于通过自主创新提升自身关键组件绩效水平,对其自身关键组件子系统的技术创新投资追求各子系统的平衡发展,避免出现发展过快或过慢的子系统;第二阶段,焦点企业开始着力构建自身技术配套创新体系,其各种措施之中,将持有关键组件技术的国外企业直接引入本地产业集群是集群创新网络体系建立的最优选择。

关键词:焦点企业;核型产业集群;一般系统理论;系统建模

中图分类号:F062.9

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2010)17-0075-07

0 引言

产业集群因其对区域经济发展具有巨大推动作用而受到社会各界的普遍关注,而产业集群本身的组成结构也呈现出一种多样性。其中,结构上以某些大型企业为核心的核型产业集群普遍存在于现实世界之中,已经成为产业集群的一种重要组织形式。此类集群在其形成机理、结构特征和演进过程等诸多方面与人们熟知的“第三意大利区”型集群之间存在着极大差异,然而却没有得到学术界应有的重视。目前,专门研究此类集群的理论仅有焦点企业产业集群理论。这一理论本身针对意大利波洛格纳省包装设备产业集群提出,与国内核型结构产业集群的具体环境并不完全相同,其描述的集群演进过程并不适合于我国此类集群;同时,该理论对于焦点企业产业集群演进过程的研究方法主要限于定性的思辨分析,尚未提炼相关变量以及建立数学模型来厘清变量间的关系。因此,结合我国核型结构产业集群的具体情况,提炼具有代表性的变量,建立系统学模型,并且以此为依据对我国此类集群演进过程所显示的独特特征予以合理解释,将是一件极有意义的工作。

1 相关研究述评

在焦点企业产业集群理论出现以前,Markusen 曾经指出除了著名的“第三意大利区”型产业集群外,至少还有3种结构类型产业集群普遍存在,即中心—外围型集群、

卫星平台型集群和政府主导型集群。其中,中心—外围型集群即为核心结构产业集群。Markusen^[1]的研究暗示了作为核心的大型企业对集群产生、发展乃至运行起着支配性作用。这一观点被焦点企业产业集群理论所继承,该理论强调产业集群中的企业在角色、任务以及相互作用方面都存在着异质性,并且指出焦点企业在产业集群的形成与发展过程中扮演了一种不可替代的角色。理论提出者 Boari^[2-3]指出从核心能力和集群网络关系这两个维度才能把握焦点企业(或者叫龙头企业)的根本属性与特性,即焦点企业必须能够提出集群企业共享的商业理念,能够投资并领导合作伙伴,能够支持企业间信任与互利,具备选拔和吸引优秀伙伴的能力。同时,焦点企业还需要与集群以外和国外的其它组织维持弱联系,而与集群内组织保持强联系。Boari^[3]的研究呈现出许多亮点,他指出焦点企业随其最终产品组件业务分包,也把相应的组件创新任务也分包到各组建设供应企业当中,从而使焦点企业能够集中有限资源实现少数关键组件技术的突破,这样一种观点并非只限于焦点企业产业集群理论,从目前非常流行的模块化理论文献中也可以找到相应的支持。例如国内学者魏江与朱海燕^[4]所提出借助模块分包实现软件集群创新过程的模式,陈劲与桂彬^[5]提出了通过复杂产品系统模块化来管理多企业的创新流程,都与这一观点相吻合。同时,Boari^[2-3]还对焦点企业产业集群的演进过程进行了讨论,在这一过程中焦点企业的集群供应商企业从承包简单组件业务做起,逐步获

收稿日期:2010-03-25

基金项目:国家自然科学基金项目(70972115);教育部人文社会科学研究项目(07JA630044)

作者简介:付韬(1982-),男,河北廊坊人,北京工业大学经济与管理学院博士研究生,研究方向为企业管理与技术创新;张永安(1957-),男,陕西咸阳人,北京工业大学经济学院教授、博士生导师,研究方向为战略管理、管理理论与方法应用和经济与管理系统复杂性。

取焦点企业的关键组件业务，并且演进成为焦点企业的战略合作伙伴，开始向其它集群供应商企业分包自身业务。此类供应商企业将最终将成为独立的层级，它们对焦点企业分包行为的模仿，以及其它供应商对它们的模仿，将使得集群呈现出一种多层次复杂化的网状结构。

我国国内也不乏焦点企业核型结构产业集群，特别是在机械设备、汽车以及通信设备等需要对产品及其组件进行持续创新的产业之中都有比较成功的案例。目前，国内学者从集群演进^[6-7]和技术创新^[8]等角度对我国此类集群进行了研究，其缺陷在于没有对国内外此类集群各方面情况进行深刻比较，因而未能充分体现国内外此类集群演进过程所存在的各种差异。本文通过调研发现，这些差异突出表现为国内此类集群的中小供应商企业很难成长为焦点企业的战略合作伙伴，乃至独立的层级。仅凭我国集群焦点企业及其供应商企业难以建立高效集群的集群生产网络与创新网络，仅仅依靠原有焦点企业产业集群理论无法对这些差异现象给出合理解释。此外，无论是焦点企业产业集群理论，还是国内外学者的后续研究都没有对焦点企业产业集群的演进过程构建数学模型，这也成为本文的中心任务之一。

本文采用一般系统理论方法对焦点企业核型结构产业集群的演进过程建模，即将此类集群视为一种系统来研究。这样一种系统观被许多研究集群生产和创新的文献所忽略。此类文献仅仅关注集群企业自身单独生产与创新行为，或者一对企业之间的资源传递、合作创新行为，而忽视了产业集群作为一个整体系统对上述各种行为的影响。其它一些文献确实注意到了这一缺陷，这些文献把企业知识划分为私有知识和公共知识^[9-10]，把集群信息划分为局部信息和全局信息^[11-12]，通过公共知识和全局信息来体现产业集群系统影响，然而上述文献对于产业集群为何能够称为一种系统，以及这样一种系统影响的具体作用方式则语焉不详。而焦点企业产业集群理论^[2-3]将焦点企业的最终产品视为一种系统，相应其组件则成为系统的一部分(子系统)，这样负责不同组件生产和创新的不同企业就形成了相应的生产、交易乃至创新上的关联，因而构成集群系统。这一思想同样见诸于复杂产品系统理论^[13]和模块化理论^[14]的相关文献之中，它对本文的研究极具启发性，本文将以此为依据构建系统模型，以解释我国此类集群成长与演进过程中的各种特征。

2 基于系统理论的建模分析

2.1 一般系统理论模型

著名系统论学者 Bertalanffy 曾经指出系统可以用各种不同数学方式来定义，他本身使用了一组联立的微分方程

$$\frac{dQ_i}{dt} = f_i(Q_1, Q_2, \dots, Q_n), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

这样，系统整体被分成 n 个要素或者叫子系统， Q_i 表示子系统的某个被关注的量，方程组体现了每个子系统的量在时间 t 变化是自身及其它子系统的函数^[15]。而本文所

关注的集群系统作为一种经济系统，此类系统以离散系统的形式表征更为合适，式(1)转化为：

$$Q_i^t = f_i^t(Q_1^{t-1}, Q_2^{t-1}, \dots, Q_n^{t-1}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

这样，本期每个子系统的量是上期自身及其它子系统的函数的函数。

2.2 焦点企业最终产品绩效系统模型构建

现假设焦点企业的最终产品由 L_c 个关键组件和 L_s 个简单组件组装而成，焦点企业可能自行生产所有组件，也可能将其分包给其它企业。因此，该产品的组件最多可能来自于 $(L_c + L_s)$ 个不同的企业。假设生产每一个关键组件都需要拥有一种相应关键组件技术 TC_i ，以 KC_i^t 来表征生产企业在 t 期的该项关键组件技术知识水平，企业通过创新活动可以提升该项知识水平，这体现了关键组件技术的成长与发展是一个积累的过程^[16]。如果将每个关键组件都视为最终产品这个整体系统的子系统，以 Q_i^t 来表示第 i 个关键子系统第 t 期的绩效，则有

$$Q_i^t = g_i(r_i \cdot KC_i^t), \quad 0 < r_i < 1 \quad (3)$$

其中， r_i 表示生产企业该项关键组件技术知识水平的有效应用比率，设置这一比率的原因在于技术的发展与成长本身根植于一种特定的环境之中，其成长与发展的目标也是为了更好地适应其这一环境^[17]。一方面环境的变化使得企业拥有的技术知识部分能够应用于今天的产品，这样也就造成了一种技术知识或者能力的浪费；另一方面，接近目标市场以及采用产业集群这样一种形式来提升技术水平，可以使得现有技术更加贴进于目标市场环境，从而有效地降低这种浪费^[18]。显而易见，忽略技术知识水平本身的高低，一项关键组件技术在国外环境中成长与发展起来，对国内市场的适应性显然不如在国内产业集群里成长起来的同类技术($r_{if} \ll r_{ic}$)。

假设最终产品系统整体绩效 Q^t 是各关键组件子系统绩效水平的函数，即

$$Q^t = f(Q_1^t, Q_2^t, \dots, Q_{L_c}^t) \quad (4)$$

当然上述等式右侧函数的具体表达式并不唯一，不同的最终产品也代表了不同的系统，其系统整体绩效与关键组件子系统绩效之间的关系也千差万别，不可能用某个具体的表达式来表征所有系统的状况。这里为了便于讨论，将选取一种具体函数表达式进行讨论，即：

$$Q^t = f(Q_1^t, Q_2^t, \dots, Q_{L_c}^t) = \prod_{i=1}^{L_c} Q_i^t \cdot w_i^t = \prod_{i=1}^{L_c} Q_i^t \cdot \frac{1}{\frac{1}{Q_1^t} + \frac{1}{Q_2^t} + \dots + \frac{1}{Q_{L_c}^t}} = \frac{L_c}{\prod_{i=1}^{L_c} \frac{1}{Q_i^t}} \quad (5)$$

在式(5)所表征的系统中有 $\frac{\partial Q^t}{\partial Q_i^t} > 0$ ， $\frac{\partial w_i^t}{\partial Q_i^t} < 0$ ，即最终

产品系统整体绩效随所有关键组件子系统绩效提升而提升。以及如果其它技术子系统绩效保持不变，特定子系统绩效对总体绩效的影响随该子系统绩效提升而降低。这体现了系统瓶颈和技术瓶颈的思想，即极端落后的子系统将对系统整体绩效产生极大的影响；而发展过于迅速的子系统其优势的

挥也要受到其它相对落后子系统的制约。

2.3 重点企业对其最终产品的技术创新投资模式分析

重点企业自身通常掌握多项关键组件技术和简单组件技术,它需要通过关键组件技术创新提升相应的关键组件技术知识水平,同时对简单组件进行适应性创新。假设某一期 t 内,重点企业负责生产 N 种关键组件和 M 种简单组件,其不生产的关键组件子系统绩效视为当期既定变量 Q_{0k}^t ,其不生产的简单组件也能获取适应性创新,其技术总投资 C^t 减去固定的简单组件技术总投资 C_s^t 即为其用于关键组件技术总投资 C_c^t 。对其拥有关键组件技术 TC_j ,假设提升其单位技术知识水平所消耗的技术投资恒为 I_j ,依据式(3)和式(5)有

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N I_j \cdot DKC_j^t &= C_c^t, \\ Q^t &= \frac{L_c}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{g_j(r_j \cdot KC_j^t)} + \sum_{k=N+1}^{L_c} \frac{1}{Q_{0k}^t}} \\ &= \frac{L_c}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{g_j(r_j \cdot (KC_j^{t-1} + DKC_j^t))} + \sum_{k=N+1}^{L_c} \frac{1}{Q_{0k}^t}} \end{aligned} \quad (6)$$

其中, DKC_j^t 表示该期关键组件技术 TC_j 经历技术创新所获取的增量。为了尽可能简化讨论,本文将式(3)右侧函数选取系数为 1,常数项为 0 的一次函数,并且令 $r_j=1$ (即假设本地集群重点企业各项关键组件技术能够完全适应当地环境,不产生任何浪费),于是有:

$$\begin{aligned} Q_j^t &= KC_j^t, \quad DQ_j^t = DKC_j^t, \quad \sum_{j=1}^N I_j \cdot DQ_j^t = C_c^t, \\ Q^t &= \frac{L_c}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{KC_j^{t-1} + DKC_j^t} + \sum_{k=N+1}^{L_c} \frac{1}{Q_{0k}^t}} \\ &= \frac{L_c}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{Q_j^{t-1} + DQ_j^t} + \sum_{k=N+1}^{L_c} \frac{1}{Q_{0k}^t}} \end{aligned} \quad (7)$$

其中, DQ_j^t 表示该期关键组件 j 的绩效增量,对式(7)应用拉格朗日方法求极值有,

$$\begin{aligned} L &= Q^t + I \left(\sum_{j=1}^N I_j \cdot DQ_j^t - C_c^t \right), \\ \frac{\partial L}{\partial DQ_j^t} &= \frac{L_c}{(Q_j^{t-1} + DQ_j^t)^2} \\ &= \frac{1}{(Q_j^{t-1} + DQ_j^t)^2} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{Q_j^{t-1} + DQ_j^t} + \frac{1}{Q_{0N+1}^t} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{Q_{0N+1}^t} + \frac{1}{Q_{0Lc}^t} \\ &\quad + I_j \cdot I = 0. \end{aligned}$$

对于该重点企业拥有的任意两项技术 TC_p 与 TC_q 有:

$$\frac{\frac{\partial L}{\partial DQ_p^t}}{\frac{\partial L}{\partial DQ_q^t}} = \frac{\frac{L_c}{(Q_p^{t-1} + DQ_p^t)^2}}{\frac{L_c}{(Q_q^{t-1} + DQ_q^t)^2}} = \frac{-I_p \cdot I}{-I_q \cdot I}.$$

$$\text{即 } \frac{(Q_q^{t-1} + DQ_q^t)^2}{(Q_p^{t-1} + DQ_p^t)^2} = \frac{I_p}{I_q}, \text{ 整理为:}$$

$$Q_p^{t-1} \cdot \sqrt{I_p} + DQ_p^t \cdot \sqrt{I_p} = Q_q^{t-1} \cdot \sqrt{I_q} + DQ_q^t \cdot \sqrt{I_q} \quad (8)$$

现在对式(8)进行讨论,如果 $Q_p^{t-1} \cdot \sqrt{I_p} = Q_q^{t-1} \cdot \sqrt{I_q}$,则有:

$$\frac{DQ_p^t}{DQ_q^t} = \frac{\sqrt{I_q}}{\sqrt{I_p}};$$

如果 $Q_p^{t-1} \cdot \sqrt{I_p} > Q_q^{t-1} \cdot \sqrt{I_q}$,假设 $Q_p^{t-1} \cdot \sqrt{I_p} > Q_q^{t-1} \cdot \sqrt{I_q}$,则有:

$$DQ_q^t \cdot \sqrt{I_q} - DQ_p^t \cdot \sqrt{I_p} = Q_p^{t-1} \cdot \sqrt{I_p} - Q_q^{t-1} \cdot \sqrt{I_q} > 0.$$

当重点企业把关键组件技术总投资都用于 TC_q 时,有:

$$DQ_q^t \cdot \sqrt{I_q} - DQ_p^t \cdot \sqrt{I_p} = \frac{C_c^t}{I_q} \cdot \sqrt{I_q} - 0 \cdot \sqrt{I_p} = \frac{C_c^t}{\sqrt{I_q}}$$

达到最大值,如果 $Q_p^{t-1} \cdot \sqrt{I_p} - Q_q^{t-1} \cdot \sqrt{I_q} \leq \frac{C_c^t}{\sqrt{I_q}}$,式(8)

仍然成立,否则式(8)不能成立。并且当

$Q_p^{t-1} \cdot \sqrt{I_p} - Q_q^{t-1} \cdot \sqrt{I_q} > \frac{C_c^t}{\sqrt{I_q}}$,可以证明:

$$\begin{aligned} \frac{\frac{\partial Q^t}{\partial DQ_q^t}}{\frac{\partial Q^t}{\partial DQ_p^t}} &= \frac{\frac{L_c}{(Q_q^{t-1} + DQ_q^t)^2 I_q}}{\frac{L_c}{(Q_p^{t-1} + DQ_p^t)^2 I_p}} \\ &= \frac{1}{\left(\frac{1}{Q_1^{t-1} + DQ_1^t} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{Q_1^{t-1} + DQ_1^t} + \frac{1}{Q_{0N+1}^t} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{Q_{0N+1}^t} + \frac{1}{Q_{0Lc}^t} \right)^2} \\ &> \frac{1}{\left(\frac{1}{Q_1^{t-1} + DQ_1^t} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{Q_1^{t-1} + DQ_1^t} + \frac{1}{Q_{0N+1}^t} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{Q_{0N+1}^t} + \frac{1}{Q_{0Lc}^t} \right)^2} = \frac{\frac{\partial Q^t}{\partial DQ_p^t}}{\frac{\partial Q^t}{\partial DQ_q^t}} \end{aligned}$$

这种情况下消耗单位关键组件技术投资对 TC_q 进行创新所提升产品整体绩效始终高于 TC_p 。因此,当期不应该对 TC_p 进行任何投资。在本文的模型中, $Q_j^{t-1} \cdot \sqrt{I_j}$ 成为影响关键组件技术 TC_j 当期所获投资的关键性指标,一项关键组件技术的这一指标小于其它关键组件技术,意味着对该技术进行创新投资较其它技术边际效率更高,也会优先得到技术投资。

这样一种最大化的技术创新投资模式存在一个重要的性质,即经历足够所多的时期,会出现所有关键组件技术持续按照一种固定比例分配关键组件技术创新投资,即:

$$Q_p^{t-1} \cdot \sqrt{I_p} = Q_q^{t-1} \cdot \sqrt{I_q}, \quad \frac{DQ_p^t}{DQ_q^t} = \frac{\sqrt{I_q}}{\sqrt{I_p}},$$

$$DQ_j^t = \frac{C_c^t}{\sqrt{I_j} (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{I_1}} + \sqrt{I_N})}.$$

证明过程比较简单,略去。上述模式体现出这样一种思想,即理想的系统成长过程。其子系统的成长速度也是相对平衡的,既不出现发展相对过快的子系统,也不出现发展相对过慢的子系统。

2.4 重点企业对其关键组件子系统的剥离与获取分析

重点企业对于关键性组件子系统的剥离与获取是一个极为复杂的问题。剥离关键性组件子系统可以减少关键组件技术投资使用范围,也就增加了每一期应用于持有关键组件技术的投资,从而提升持有关键组件技术的提升速度。

其弊端在于剥离的同时放弃了对剥离组件子系统进行直接投资的权利，面临着剥离组件可能成为新的系统瓶颈的危险。现假设第 t 期焦点企业负责 N 种关键组件的生产和创新、 N 种关键组件系统发展平衡(对其拥有的任意两种关键组件子系统有 $Q_p^{t-1} \cdot \sqrt{I_p} = Q_q^{t-1} \cdot \sqrt{I_q}$)，它现在面临一个机会可以把第 N 项关键组件子系统剥离，并且获取这一技术的企业可以使该子系统在当期达到剥离前的水平。焦点企业抉择是否进行剥离，其拥有的各项关键组件子系统在当期乃至以后各期获得的提升分别为：

$$DQ_{bj}^{t+m} = \frac{C^{t+m}}{\sqrt{I_j}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}$$

$$DQ_{oi}^{t+m} = \frac{C^{t+m}}{\sqrt{I_j}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_{N-1}})}$$

其中， $m \geq 0$ 。剥离将使其拥有的其它关键组件系统绩效提升同比例增大，即：

$$DQ_{oi}^{t+m} = \frac{(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}{(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_{N-1}})} \cdot DQ_{bi}^{t+m}$$

$$Q_o^{t+m-1} = \frac{Lc}{\left(\dot{a} \frac{1}{Q_i^{t-1} + \frac{m \cdot C}{\sqrt{I_i}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_{N-1}})}}\right) + \frac{1}{Q_N^{t-1} + \frac{m \cdot k \cdot C}{\sqrt{I_N}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}} + \sum_{j=N+1}^L \frac{1}{\dot{a} \left(KC_j^{t-1} + \frac{mC_{fj}}{I_j}\right) \cdot r_j}}$$

其中，其它关键组件的供应企业可能出现在集群以外，所以这些组件子系统的绩效受到关键组件技术知识水平的

现在我们主要关注获取第 N 项关键组件子系统的企业在各期能够对该项关键组件技术投资提供多少投资。如果其投资达到 $C_o^{t+m} \geq \frac{\sqrt{I_N} \cdot C^{t+m}}{(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}$ ，就能使剥离之后所有子系统各期技术投资都高于不剥离的情况，此时，焦点企业会选择剥离。

$$\text{而 } C_o^{t+m} < \frac{\sqrt{I_N} \cdot C^{t+m}}{(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})} \text{ 的情况最为复杂，为}$$

了便于讨论，这里假设每一期焦点企业、关键组件承包企业，以及其它关键组件的供应商的关键组件技术投资维持

$$\text{不变： } C^t = C, C_o^t = \frac{k \cdot \sqrt{I_N} \cdot C}{(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}, C_{fj}^t = C_{fj}$$

其中， $0 < k < 1, 0 < i < N-1, N < j < L$ 。这样本期后又经过 $(m-1)$ 期之后，剥离后的产品整体绩效水平为：

$$Lc \left[\frac{1}{\left(\dot{a} \frac{1}{Q_i^{t-1} + \frac{m \cdot C}{\sqrt{I_i}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_{N-1}})}}\right) + \frac{1}{Q_N^{t-1} + \frac{m \cdot k \cdot C}{\sqrt{I_N}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}} + \sum_{j=N+1}^L \frac{1}{\dot{a} \left(KC_j^{t-1} + \frac{mC_{fj}}{I_j}\right) \cdot r_j}} \right]$$

有效应用比率 r_j 的影响。同理，未剥离的产品整体绩效水平为：

$$Lc \left[\frac{1}{\left(\dot{a} \frac{1}{Q_i^{t-1} + \frac{m \cdot C}{\sqrt{I_i}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}}\right) + \frac{1}{Q_N^{t-1} + \frac{m \cdot C}{\sqrt{I_N}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}} + \sum_{j=N+1}^L \frac{1}{\dot{a} \left(KC_j^{t-1} + \frac{mC_{fj}}{I_j}\right) \cdot r_j}} \right]$$

$$\frac{Q_o^{t+m-1}}{Q_b^{t+m-1}} \text{ 对 } m \text{ 取极限有 } \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{Q_o^{t+m-1}}{Q_b^{t+m-1}} = \frac{\left(\dot{a} \frac{1}{Q_i^{t-1} + \frac{m \cdot C}{\sqrt{I_i}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_{N-1}})}}\right) + \frac{1}{Q_N^{t-1} + \frac{m \cdot k \cdot C}{\sqrt{I_N}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}} + \sum_{j=N+1}^L \frac{1}{\dot{a} \left(KC_j^{t-1} + \frac{mC_{fj}}{I_j}\right) \cdot r_j}}{\left(\dot{a} \frac{1}{Q_i^{t-1} + \frac{m \cdot C}{\sqrt{I_i}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_{N-1}})}}\right) + \frac{1}{Q_N^{t-1} + \frac{m \cdot C}{\sqrt{I_N}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}} + \sum_{j=N+1}^L \frac{1}{\dot{a} \left(KC_j^{t-1} + \frac{mC_{fj}}{I_j}\right) \cdot r_j}}$$

当 $k > \frac{(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}{(2\sqrt{I_1} + 2\sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + 2\sqrt{I_{N-1}} + \sqrt{I_N})}$ 时，有

$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{Q_o^{t+m-1}}{Q_b^{t+m-1}} > 1$ ，由极限的定义可以知道，当 m 足够大时，

进行剥离后的整体技术水平将持续高于不剥离的状况，这种情况下焦点企业选择剥离关键组件技术更好。而当

$k < \frac{(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}{(2\sqrt{I_1} + 2\sqrt{I_2} + \frac{1}{4}\sqrt{I_4} + 2\sqrt{I_{N-1}} + \sqrt{I_N})}$ 时，有

$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{Q_o^{t+m-1}}{Q_b^{t+m-1}} < 1$ ，这意味剥离引发的关键组件技术投资总和

增加的这一优势，将逐步被分包企业造成的技术瓶颈逐步吃掉，反而是不进行剥离更为有利。

焦点企业对于关键性组件子系统的获取可以视为剥离过程的逆过程。当某些关键组件发展成为新的瓶颈时，焦点企业会考虑自己获取该组件子系统直接进行投资，其代

价是将现有创新资源分散到更多的关键组件创新活动中。这种获取的对象通常是集群以外乃至国外的企业。假设第 t 期焦点企业掌握 N 项关键组件技术， N 个关键组件子系统不存在发展落后的子系统，焦点企业各项关键组件技术能够完全适应当地环境，所有企业关键组件技术知识水平的有效应用比率 r 各期维持不变，所有企业关键组件技术投资各期维持不变，集群外关键组件技术 TC_{N+1} 组件子系统将在本期技术投资之后成为相对落后的子系统，即：

$$C^t = C, C_{fj}^t = C_{fj}, Q_i^{t-1} \cdot \sqrt{I_i} = Q_{N+1}^{t-1} \cdot \sqrt{I_{N+1}}, \text{ 且 } DQ_i^t \cdot \sqrt{I_i} > DQ_{N+1}^t \cdot \sqrt{I_{N+1}}$$

现在焦点企业有机会获取关键组件技术 TC_{N+1} ，并且能够使该关键组件子系统绩效水平在当期达到原持有企业组件绩效水平 Q_{N+1}^{t-1} 。焦点企业需要决策是否获取该技术自行创新。这样本期后又经过 $(m-1)$ 期之后，获取该关键组件子系统自行投资的最终产品整体绩效为：

$$Q_i^{t+m-1} = \frac{Lc}{\left(\dot{a} \frac{1}{Q_i^{t-1} + \frac{m \cdot C}{\sqrt{I_i}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4} \sqrt{I_4} + \sqrt{I_{N+1}})}} \right) + \dot{a} \frac{1}{\sum_{j=N+2}^L (KC_j^{t-1} + \frac{mC_{j\beta}}{I_j}) \cdot r_j}}$$

$$\text{维持现状有 } Q_o^{t+m-1} = \frac{Lc}{\left(\dot{a} \frac{1}{Q_o^{t-1} + \frac{m \cdot C}{\sqrt{I_o}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4} \sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}} \right) + \dot{a} \frac{1}{\sum_{j=N+1}^L (KC_j^{t-1} + \frac{mC_{j\beta}}{I_j}) \cdot r_j}}$$

结合 $Q_{N+1}^{t-1} = KC_{N+1}^{t-1} \cdot r_{N+1}$, $\frac{Q_i^{t+m-1}}{Q_o^{t+m-1}}$ 对 m 趋于无穷大求极限有:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{Q_i^{t+m-1}}{Q_o^{t+m-1}} = \frac{\left(\dot{a} \frac{\sqrt{I_i}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4} \sqrt{I_4} + \sqrt{I_N})}{C} \right) + \dot{a} \frac{I_j}{\sum_{j=N+1}^L C_{j\beta} \cdot r_j}}{\left(\dot{a} \frac{\sqrt{I_o}(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4} \sqrt{I_4} + \sqrt{I_{N+1}})}{C} \right) + \dot{a} \frac{I_j}{\sum_{j=N+2}^L C_{j\beta} \cdot r_j}}$$

当 $C_{j\beta} < \frac{C \cdot \sqrt{I_{N+1}}}{r_{N+1} \cdot (2\sqrt{I_1} + \frac{1}{4} \sqrt{I_4} + 2\sqrt{I_N} + \sqrt{I_{N+1}})}$ 时, 有

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{Q_i^{t+m-1}}{Q_o^{t+m-1}} > 1, \text{ 由极限的定义可以知道, 当 } m \text{ 足够大时,}$$

我国焦点企业获取该项关键组件技术自行创新的整体技术水平将持续高于不获取的状况, 这种情况下焦点企业选择获取关键组件技术更为有利, 否则应该维持现状。

从上述模型分析可以发现, 焦点企业决策对其关键组件子系统的剥离与获取, 以及在其持有的关键组件子系统中合理地分配创新资源, 来调控各关键子系统的技术成长速度, 从而使其最终产品系统绩效获得更快的提升。本文将以上述模型分析为基础, 对我国此类集群迄今演进过程及其不同阶段所呈现出来的特征进行解释与论证。

3 我国焦点企业核型结构产业集群的演进阶段划分及各阶段特征解析

目前, 我国最为成功的核型结构产业集群当属工程机械产业集群, 著名的徐州、常州、长沙、厦门和柳州工程机械产业集群都属于此类集群。以上述集群为例, 如果将最初焦点企业的创建作为其发展起点, 此类集群迄今为止的演进过程通常要经历两个阶段(参见表 1)。处于起点的我国焦点企业通常能生产的最终产品种类极为有限。对于其能够生产的最终产品, 焦点企业只掌握部分关键组件技术和简单组件技术, 其它组件来源于其供应商企业。这里需要指出, 对于所有简单组件, 国内供应商企业基本都能够生产; 而关键组件中则有较大比例国内企业无法生产, 需要直接从国外进口。这一现象在我国焦点企业核型结构产业集群普遍存在, 而且一直延续到现在。此外, 上述焦点企业所拥有的关键组件技术水平此时仍然很低, 严格地说这些企业只能算是焦点企业的雏形, 还不完全具备焦点企业的各种特征。

3.1 阶段 1: 我国焦点企业与产业集群协同成长的阶段

3.1.1 焦点企业最终产品系统绩效提升与焦点企业及核型结构产业集群的成长

我国焦点企业核型结构产业集群自身的壮大往往与其最初的焦点企业的成长与发展相伴。焦点企业通过扩充自

表 1 我国焦点企业核型结构产业集群演进阶段划分及各阶段特征

阶段划分	阶段特征
起点 (大体在 20 世纪 80 年代末到 90 年代初)	作为焦点企业前身的企业通常仅能生产少数最终产品, 对于其自身生产的每一种最终产品都掌握部分关键组件技术和简单组件技术, 关键组件技术知识水平低。只有少数供应商企业存在于焦点企业周围。焦点企业扩充产品种类, 吸引大量供应商企业进入本地集群。同时对简单组件进行广泛的长期分包乃至彻底剥离, 并且将其主要精力集中于通过自主创新来提升自身关键组件技术的水平。
阶段 1 (20 世纪 80 年代末到 90 年代初——2005 年前后)	焦点企业开始着力构建自身技术配套创新体系, 其具体措施多种多样。相比之下, 将持有关键组件技术的国外企业直接引入本地产业集群是最优选择。持有关键组件技术的国外企业的加盟对于上述配套创新体系的构建意义重大。
阶段 2 (2005 年前后——至今)	身产品种类, 逐步吸引更多中小企业进入本地集群作为其最终产品组件供应商, 使集群规模得以扩大; 而通过提升最终产品系统绩效, 保证其最终产品能够稳固地占领国内市场, 进而持续获得利润。由于上述供应商企业本身在技术、市场等诸多方面对于焦点企业存在极大依赖性 ^[19-20] , 焦点企业的盈利状况也将直接决定它们的盈利状况。因此, 其最终产品系统绩效的提升状况实际上也决定了上述供应商是否愿意长期驻留于本地集群之中。本阶段我国焦点企业对其最终产品系统绩效的提升方式可以简单概括为: 彻底剥离简单组件业务; 充分保留关键组件业务; 集中有限投资用于提升关键组件技术水平。

身产品种类, 逐步吸引更多中小企业进入本地集群作为其最终产品组件供应商, 使集群规模得以扩大; 而通过提升最终产品系统绩效, 保证其最终产品能够稳固地占领国内市场, 进而持续获得利润。由于上述供应商企业本身在技术、市场等诸多方面对于焦点企业存在极大依赖性^[19-20], 焦点企业的盈利状况也将直接决定它们的盈利状况。因此, 其最终产品系统绩效的提升状况实际上也决定了上述供应商是否愿意长期驻留于本地集群之中。本阶段我国焦点企业对其最终产品系统绩效的提升方式可以简单概括为: 彻底剥离简单组件业务; 充分保留关键组件业务; 集中有限投资用于提升关键组件技术水平。

3.1.2 我国焦点企业对组件子系统的剥离选择

本阶段完成对简单组件的生产进行长期分包乃至彻底的剥离, 是我国焦点企业普遍采取的措施。伴随具体生产业务的分包, 对简单组件的适应性创新活动也相应地从焦点企业转移到集群其它中小承包企业当中。这些简单组件技术每一期的适应性创新投资相对微小, 这些中小承包企业普遍能够承担这种投资。因而, 此类分包和剥离不会对焦点企业的技术水平提升造成不良影响。虽然单一简单组件的剥离使每期节省的适应性创新投资十分有限, 但把所有简单组件逐步剥离, 则能节省巨大的适应性创新投资用于关键组件技术创新, 从而使每一期的关键组件技术总投资 C_c^t 获得显著提升。而对于关键性组件技术的分包和剥离却更为复杂。与简单组件技术分包类似, 选择分包可以利用焦点企业以外的资源来提升组件技术水平, 进而增大每一个自有关键组件技术的投资。所不同的是, 关键组件技术水平的提升本身是一个积累过程, 也有其自身的成长环境。对其它企业分包乃至剥离关键组件技术, 会导致分包企业该项技术当期技术水平与其分包前水平相比存在极大的差距。当然, 产业集群这样一种组织形式能够缓解这一

问题。焦点企业与分包间存在着频繁的交流和学习^[21],同时焦点企业也会选择具备一定相关技术基础的企业进行关键组件技术分包。在国外同类型集群中承包企业在获取关键组件业务之前,通常已经与焦点企业确立了长期供应关系,负责多种简单组件的生产,赢得焦点企业的信任,并且具备了一定的相关技术知识基础。这些都可能使分包企业在较短时间内填平这一差距,此类分包在国外同类型产业集群的成长过程中也确实比较常见。而分包和剥离关键组件另一弊端,即焦点企业放弃了对该项关键组件技术直接投资的权利。前文已经论证了如果承包企业不能在每一期提供足够高的技术投资,在本文的模型如果出现了

$$k \frac{(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} + \frac{1}{4} \frac{1}{4} + \sqrt{I_N})}{(2\sqrt{I_1} + 2\sqrt{I_2} + \frac{1}{4} \frac{1}{4} + 2\sqrt{I_{N-1}} + \sqrt{I_N})},$$

就会使剥离组件成为系统新的瓶颈,反而是不剥离更为有利。而我国此类集群广大中小供应商企业用于技术创新的资源普遍极为有限,集群地方政府把主要精力都放在把焦点企业做大做强,极少对中小企业予以关注,致使它们难于持续支付用于关键组件技术创新投资,因而很少能够从焦点企业手里获取关键组件子系统。

3.1.3 本阶段我国焦点企业面临的主要问题及其中心任务

前文已经指出我国焦点企业最初只掌握最终产品部分关键组件技术,有相当一部分关键组件需要直接进口。在本文构建的系统模型中,这些需要进口关键组件的创新被当成一种既定过程来处理。并且在第一阶段里焦点企业既不能改变,也没有必要改变。这是因为,我国的产业发展起步普遍晚于国外,这意味着存在一段时间,我国企业关键组件绩效水平远远落后于国外的配套组件的绩效水平,用本文的模型来解释有:

$$Q_{pc}^{t-1} \cdot \sqrt{I_{pc}} \ll Q_{qf}^{t-1} \cdot \sqrt{I_{qf}} \quad (9)$$

下标 pc 表示我国企业关键组件, qf 表示国外企业关键组件。所以,本阶段我国焦点企业往往面临的主要问题是自有关键组件技术水平过低,成为系统瓶颈,其中心任务是如何以最快的速度提升自身关键组件技术水平,而无需关心国外企业关键组件的创新问题。

3.2 阶段 2: 产业集群关键组件技术配套创新体系构建阶段

3.2.1 阶段 2 我国焦点企业面临的主要问题及其中心任务的转变

前文已经说明在我国此类集群演进过程的第一阶段里,焦点企业各项关键组件技术水平远远落后于国外配套组件技术,因此没有必要过多关注国外企业持有的关键组件技术。但是这一状态并非一成不变,我国有许多成功的焦点企业在经历第一阶段之后,已经从成立之初关键组件技术水平全面落后于国外,发展到今天在其从事的领域内,多项关键组件技术水平已达到世界领先。即我国焦点企业更快的技术成长速度使得某一期之后持续出现式(9)相反的情况:

$$Q_{pc}^{t-1} \cdot \sqrt{I_{pc}} > Q_{qf}^{t-1} \cdot \sqrt{I_{qf}} \quad (10)$$

式(10)表示国外企业拥有关键组件 q 已经成为发展相对落后的子系统,如果焦点企业能够对该组件直接投资,这种投资将会优先进行,但实际上不能。并且式(10)左右两端

差距的增大,导致焦点企业对其拥有技术的投资变得越来越没有效率。当我国焦点企业所拥有的多项关键组件技术出现了式(10)的情况,就表示该焦点企业核型结构产业集群已经演进到其第 2 阶段。本阶段我国焦点企业面临的问题是国外企业拥有关键组件因不适应我国环境而发展相对落后,成为新的系统瓶颈。其中心任务也变成焦点企业在努力提升自身关键组件技术水平的同时,努力构建关键组件技术的配套创新体系,以消除上述系统瓶颈。

3.2.2 我国焦点企业构建关键组件技术的配套创新体系的措施比较

为了消除上述系统瓶颈,近年来我国焦点企业所采取的措施可以归纳为以下 3 种。

(1)措施 1: 我国焦点企业与国外供应商建立一种长期战略合作伙伴关系,从而使国外关键组件技术的成长方向逐步向国内市场调整。导致国外企业掌握的关键组件子系统的绩效提升相对缓慢一个主要原因在于,该关键组件技术成长的环境在国外,对我国市场的适应程度显然不如国内企业。对于国外企业而言,等式(3)中 r_q 远小于我国焦点企业,造成很大的技术能力浪费。我国焦点企业通过与国外供应商建立一种长期战略合作伙伴关系,使其关键组件技术成长逐步向国内市场调整,每一期 r_q 都获得一个微小的提升从而使 Q_{qf} 获得更快的增长。这一措施的弊端在于国外企业本身不能直接接触本国市场,对本地市场环境信息的获取需要借助本地焦点企业的协助才能得以完成,这使得上述调整过程异常缓慢。

(2)措施 2: 将持有关键组件技术的国外企业直接引入本地产业集群,与我国焦点企业共建配套创新体系。尽管前几年曾经有人预言信息技术的发展将导致“地理的死亡”,目前看来,产业集群企业间因地理邻近性所产生的巨大优势仍然无法被信息技术所取代^[22]。因此,措施 2 的各种优势不容置疑,这些优势的结果表现为进驻本地集群的国外企业技术方向调整速度远大于措施 1 (r_q 的增长速度较措施 1 更快),从而能够更快适应本土市场。这样一种措施的门槛也较措施 1 更高,不仅需要焦点企业努力接洽,增进国外企业对本地集群的了解;还需要当地政府提供广泛支持,包括营造一种适于企业发展创新的环境,制定一系列具有吸引力的政策来招揽国外企业进驻本地集群等。

(3)措施 3: 我国焦点企业从国外企业获取关键组件技术自己进行创新。对于我国焦点企业而言,措施 1 与措施 2 的实施绝对优于不实施的情况,而这一点并不适应于措施 3。前文已经论述获取关键组件子系统的代价在于将现有创新资源分散到更多的关键组件创新活动中。依据本文所构建的

模型,只有当 $C_{jN+1} \cdot r_{N+1} < \frac{C \cdot \sqrt{I_{N+1}}}{(2\sqrt{I_1} + \frac{1}{4} \frac{1}{4} + 2\sqrt{I_N} + \sqrt{I_{N+1}})}$, 即

在目前组件持有企业用于该关键子系统的技术创新投资过小,或者其技术成长无法适应本国市场而造成极大的技术知识能力浪费,又无法有效提升 C_{jN+1} 与 r_{N+1} 的情况下,这一措施才会被焦点企业所采用。3 种措施之中,措施 2 明显优于其它两种措施,是我国此类产业集群构建关键组件技术

配套创新体系的最佳手段, 它也将逐步成为一种主流手段。

4 结论

本文研究结论可以归结为以下几个方面:

(1) 焦点企业最终产品系统绩效提升过程需追求各关键组件子系统平衡发展。对于焦点企业最终产品系统而言, 极端落后的关键组件子系统将对系统整体绩效产生极大的影响, 而发展过于迅速的子系统其优势的发挥也要受到其它相对落后子系统的制约, 因而焦点企业应当避免上述两种情况的出现。

(2) 焦点企业适时对自身简单组织系统进行剥离至关重要。基于焦点企业自身发展的需要, 焦点企业要在集群内积极寻找能够在每期持续提供足够创新投资的企业, 将自身组件子系统进行剥离, 以充分利用自身以外的创新投资, 尽快提升自身关键组件子系统绩效水平。

(3) 将持有关键组件技术的国外企业直接引入本地产业集群极为必要。某些国外企业持有的关键组件子系统因不能很好地适应本国市场环境而成为新的系统瓶颈。若将其直接引入本地产业集群, 既能帮助瓶颈系统技术成长方向快速向国内市场调整, 又避免了焦点企业将有限关键技术投资投放于更多的子系统。

(4) 集群当地政府应该重视焦点企业技术配套创新体系的构建。我国核型结构产业集群所在地政府不仅需要为中小企业提供多种技术创新融资渠道和优惠条件, 助其获取关键组件子系统, 以分担焦点企业的组件创新任务; 还需要营造一种适于企业发展创新的环境, 制定一系列具有吸引力的政策来招揽国外企业进驻本地集群, 与焦点企业共同构建其组件技术配套创新体系。

参考文献:

- [1] MARKUSEN A. Sticky places in slippery space a typology of industrial districts [J] . *Economic Geography* ,1996 ,72(3) : 293-313.
- [2] BOARI C ,LIPPARINI A. Networks within Industrial Districts : Organising Knowledge Creation and Transfer by Means of Moderate Hierarchies [J] . *Journal of Management and Governance* ,1999 ,3(4) : 339-360.
- [3] BOARI C. Industrial Clusters ,Focal Firms ,and Economic Dynamism :A Perspective from Italy [R] . Working Paper for World Bank Institute 2001.
- [4] 魏江 朱海燕. 高技术产业集群创新过程模式演化及发展研究——以杭州软件产业集群为例 [J] . *研究与发展管理* ,2006 ,18(6) :116-121.
- [5] 陈劲 桂彬旺. 复杂产品系统模块化创新流程与管理策略 [J] . *研究与发展管理* ,2006 ,18(3) :74-79.
- [6] 朱嘉红 郇爱其. 基于焦点企业成长的集群演进机理与模仿失败 [J] . *外国经济与管理* ,2004 ,26(2) :33-37.
- [7] 刘友金 罗发友. 基于焦点企业成长的集群演进机理研究——以长沙工程机械集群为例 [J] . *管理世界* ,2005(10) :159-161.
- [8] 郑毅. 技术创新、焦点企业治理与企业集群成长 [J] . *渤海大学学报·哲学社会科学版* ,2006 ,28(4) :88-91.
- [9] GALLIE EP ,LEGROS D. How do spatial spillovers diffuse in science-industry interactions? The case of French biotech sector [J] . *Economics of Innovation and New Technology* ,2007 ,16(8) :635-652.
- [10] 王文平 谈正达. 有核网络型集群中知识共享深度与知识型企业的创新资源投入关系研究 [J] . *管理工程学报* ,2008 ,22(3) :51-56.
- [11] TEIXEIRA A ,SANTOS P ,OLIVEIRA BA. International R&D Cooperation between Low-tech SMEs :The Role of Cultural and Geographical Proximity [J] . *European Planning Studies* ,2008 ,16(6) :785-810.
- [12] 王敏 唐泳 银路. 集群创新系统(CIS)的学习效率探析——基于复杂网络的观点 [J] . *研究与发展管理* ,2007 ,19(6) :39-43.
- [13] MIKE H. Product complexity ,innovation and industrial organisation [J] . *Research policy* ,1998 ,26(6) :689-710.
- [14] FABRIZIO S. Toward a Product System Modularity Construct : Literature Review and Reconceptualization [J] . *Transactions on Engineering Management* ,2007 ,54(2) :219-240.
- [15] 贝塔朗菲. 一般系统论:基础、发展和应用 [M] . 北京 清华大学出版社 ,1987.
- [16] 赵晓庆 许庆瑞. 技术能力积累途径的螺旋运动过程研究 [J] . *科研管理* ,2006 ,27(1) :40-46.
- [17] MARTIN R ,SUNLEY P. Path dependence and regional economic evolution [J] . *Journal of Economic Geography* ,2006 ,6(4) :395-437.
- [18] ALBINO V ,CARBONARA N ,GIANNOCCARO I. Innovation in industrial districts :An agent-based simulation model [J] . *International Journal of Product Economics* ,2006 ,104 (1) :30-45.
- [19] ALESSANDRO MALIPIERO , FEDERICO MUNARI , MAURIZIO SOBRERO. Focal Firms as Technological Gatekeepers within Industrial Districts Knowledge Creation and Dissemination in the Italian Packaging Machinery Industry [R] . Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID) Working Papers ,2005.
- [20] 郑海平. 基于不确定性分析的产业集群价值探讨 [J] . *经济问题* ,2002 (12) :11-13.
- [21] BECKER GS ,MURPHY KM. The division of labor , coordination costs and knowledge [J] . *The Quarterly Journal of Economics* ,1992 ,107(4) :1137-1160.
- [22] 刘卫东 PETER D 杨伟聪. 信息技术对企业空间组织的影响——以诺基亚北京星网工业园为例 [J] . *地理研究* ,2004 ,23(6) :833-844.

(责任编辑:陈晓峰)