

# 差异化产品市场中企业 R&D 合作网络研究

彭 向, 蒋传海

(上海财经大学 国际工商管理学院, 上海 200433)

**摘 要:**对轮辐模型进行简化变形,引入到三阶段动态博弈框架中,研究了差异化产品市场中企业间 R&D 合作网络与企业研发激励、创新程度以及社会福利之间的关系,并初步探讨了 R&D 网络结构的稳定性问题。主要结论为:在差异化产品市场中,R&D 网络密度越高,则企业的研发激励越小,利润越高;创新程度与社会福利在中等 R&D 网络密度上实现最大化;空网络是策略性不稳定的网络结构,完全网络是策略性稳定的网络结构。此外,产品差异化程度越高,则企业利润越大,社会福利越小。

**关键词:**差异化;产品市场;企业 R&D 合作;R&D 合作网络

**DOI:** 10.3969/j.issn.1001-7348.2010.21.023

中图分类号:F403.6

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2010)21-0095-04

## 0 引言

近年来,企业在研发领域的合作激增。根据 John Hagedoorn<sup>[1]</sup>对世界范围内 1960—1998 年间企业研发合作行为的研究,企业间 R&D 合作不但数量激增,而且合作的方式也开始从 RJV 占主导的正规的实体组织向松散的契约型研发合作网络发展,特别在信息、制药等高技术产业,契约型的合作网络尤其兴盛。越来越多的创新成果被认为是企业间共同的研发努力或技术信息共享的结果,有些经济学家甚至开始讨论“技术创新的核心是企业合作网络”<sup>[2]</sup>。企业研发合作所形成的合作网络对企业创新行为、产业技术进步以及社会福利无疑产生了重要影响。然而,尽管关于企业间 R&D 合作的研究很丰富(如 Kamien, etl. 1992; Suzamura,1992; Leahy & Neary, 1997),但是都忽略了网络结构的影响。新兴的网络形成理论为研究上述问题带来了契机。网络形成理论借鉴了博弈论的基本分析方法,自利的经济个体在权衡连接的成本和收益后作出决策,所有经济个体连接形成网络,其结构对随后的经济个体间的市场竞争具有重要影响。该理论为研究网络结构对经济个体连接行为的影响提供了分析方法,应用范围非常广泛,Matthew O. Jackson<sup>[3]</sup>对此进行了详细综述。

借助于网络形成理论,Goyal、Joshi、Bala 等人开始对 R&D 网络结构进行广泛深入的探索,其中 Goyal & Joshi<sup>[4]</sup>在连接成本外生的分析框架内,研究了企业合作连接的激励以及策略性稳定的网络结构的形态。Goyal & Moraga-González<sup>[5]</sup>在连接成本内生的分析框架内,探讨了市场竞争、企业研发激励与合作网络结构之间的关系。Goyal、Konovalov & Gonzalez<sup>[6]</sup>又将以上研究拓展到企业在核心技术领域自主研发而在非核心技术领域进行合作研发的混合合作网络中。

综合来看,上述研究的共同局限在于其模型假定的市场环境,或者是同质产品市场或者是完全独立市场,这与现实世界中普遍存在的差异化产品市场相去甚远。造成这种研究局限的原因在于,以往研究差异化产品市场的理论模型不能分析多个企业间的全局竞争。如在空间差异化框架下,Hotelling(1929)的线性城市模型只限于讨论两个厂商之间的差异化竞争,而 Salop(1979)的环形城市模型虽然将 Hotelling 的分析拓展到多个企业,但企业间的竞争仍限于局部竞争(Local Competition),此后尽管也有一些文献对全局竞争进行过探索,但很久以来在空间差异化框架下没能引入全局竞争分析。Chen & Riordan<sup>[7]</sup>通过设立轮辐型城市将全局竞争引入空间差异化模型,不仅可以研究多个企

for industrial upgrading in global value chains the case of the plastics industry in brazil [J]. IDS Bulletin 2001,32(3): 116-126.

2008(5):18-20.

[25] 匡茂华,企业家精神构建企业核心竞争力[J].企业研究,

[26] 韩凤晶,谭旭红,石春生.企业家精神对企业动态核心能力影响的实证研究[J].哈尔滨理工大学学报,2009,14(4): 129-132.

(责任编辑:赵 峰)

收稿日期:2010-04-10

基金项目:教育部人文社会科学项目(06JA790071);上海市社科规划项目(01FJB002);上海市教委青年基金项目(01QN50)

作者简介:彭向(1981-),女,湖南长沙人,上海财经大学国际工商管理学院博士研究生,研究方向为产业组织理论;蒋传海(1970-),男,安徽濉溪人,上海财经大学国际工商管理学院教授、博士生导师,研究方向为产业组织理论。

业的竞争行为，而且将全局竞争引入到差异化产品市场，该模型也称为轮辐模型(Spokes Model)。

本文受到轮辐模型的启发，并借鉴 Goyal & Moraga-González<sup>[5]</sup>的研究思路，对轮辐模型进行变形，引入到三阶段动态博弈框架中，研究差异化产品市场中 R&D 合作网络与企业研发激励、创新程度以及社会福利之间的关系，并探讨研发网络的稳定性问题。

### 1 基本模型

本文关注的是水平相关企业间的研发合作网络，企业间的合作是指通过契约达成协议以共享生产成本降低的技术信息。在企业合作中，合作一方将研发努力带来的成本降低分享给对方，这种外部性将影响企业的研发决策。同时，企业间的研发合作改变了其在随后市场竞争中的地位，从而对市场竞争、企业利润等产生重要影响。本文的博弈过程为：

$n$  个企业进行一对一的 R&D 合作连接决策，形成 R&D 合作网络；每个企业独立选择自己的 R&D 努力程度，因此，合作网络以及各企业的 R&D 努力程度共同决定了各企业的生产成本；在上一步骤决定的成本条件下， $n$  个企业在轮辐模型构筑的差异化产品市场中进行价格竞争。

#### 1.1 生产者与消费者基本假设

市场中有  $j = 1, 2, \dots, n$  种差异化产品(或品牌)，每种产品由一个企业生产， $n$  个企业在空间上分布于轮辐型城市中(图 1 给出了  $n = 7$  时的轮辐模型)。图 1 中每条线段末端的实心黑点表示一个企业所在的位置，每条线段长度为  $1/2$ ，中心没有企业。对于企业  $j$ ，与它直接相连的线段记为  $l_j$ 。初始， $n$  个企业的生产成本是对称的，固定成本都为 0，边际生产成本都为  $\bar{c}$ 。将消费者均匀分布在由  $n$  条线段构成的轮辐型城市中，消费者总数标准化为 1。每个消费者在城市中的位置记为向量  $(l_j, x_j)$ ，表示消费者位于线段  $l_j$  上且与企业  $j$  的距离为  $x_j$ 。如果消费者想购买某个企业的产品，则必须在轮辐型城市上行走才能到达，这将导致正的单位旅行成本  $t$ ， $t$  同时也度量了企业间的差异化程度。每个消费者都具有单位需求，并且都有两种偏好品牌，对其不偏好品牌的需求为 0。对位于  $(l_j, x_j)$  的消费者而言， $j$  是第一偏好品牌，其它品牌均以  $1/(n-1)$  的概率成为第二偏好品牌。假设所有消费者对其偏好的两种品牌的保留效用都为  $v$ ，设  $v$  足够大，以保证市场被完全覆盖。

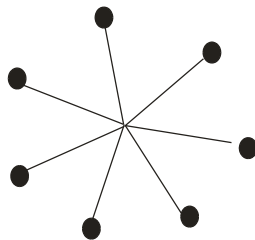


图 1 轮辐型城市 ( $n = 7$ )

#### 1.2 R&D 合作网络

设  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ , ( $n \geq 2$ ) 为企业的集合。任给企业  $i, j \in N$ ，这两个企业的关系用变量  $g_{ij} \in \{0, 1\}$  来表示，其中， $g_{ij}$

$= 1$  表示  $i$  与  $j$  之间建立了 R&D 合作； $g_{ij} = 0$  表示  $i$  与  $j$  之间没有 R&D 合作。当两个企业建立了合作关系时，它们共享 R&D 努力的成果，但这种合作关系不具有传递性，即：任给企业  $i, j, k$ ，若  $g_{ij} = 1, g_{jk} = 1$ ，不能由此推导  $g_{ik} = 1$ 。此外，假设不存在技术外溢。因此，R&D 合作网络  $g$  是一系列连接的集合，表示为  $g = \{g_{ij}\}_{i,j \in N}$ 。令  $N_i(g)$  表示与  $i$  建立了合作连接的企业的集合， $\eta_i(g)$  表示与企业  $i$  建立了合作连接的企业的个数。

(1)对称网络的定义。在博弈的第一阶段， $n$  个企业独立进行研发合作决策将形成大量各异的网络结构，为了本文的研究需要，只考虑对称网络。如果每个企业都与其它企业建立相同数量的连接，则称这种网络为对称网络。在对称网络中，任给  $i, j \in N, \eta_i(g) = \eta_j(g) = k$ ，此处  $k$  可视为对企业合作程度或网络密度的度量。我们将合作程度为  $k$  的对称网络表示为  $g^k, k = 0, 1, \dots, n-1$ 。

(2)网络稳定性定义。网络  $g$  是稳定的，当且仅当它满足以下两个条件：任给  $i, j \in N$ ，如果  $g_{ij} = 1$ ，那么  $\pi_i(g) \geq \pi_i(g - g_{ij})$  且  $\pi_j(g) \geq \pi_j(g - g_{ij})$ ；若  $g_{ij} = 0$ ，则  $\pi_i(g + g_{ij}) > \pi_i(g) \Rightarrow \pi_j(g + g_{ij}) < \pi_j(g)$ 。这个定义来自 Jackson & Wolinsky<sup>[8]</sup>，被视为网络策略性稳定的基本条件。

#### 1.3 R&D 努力程度

给定 R&D 合作网络  $g$ ，每个企业独立选择 R&D 努力程度，将其记为  $\{e_j(g)\}_{j \in N}$ 。所以，给定  $g$  以及  $\{e_j(g)\}_{j \in N}$ ，企业  $j$  的生产成本为： $c_j(e_j(g)_{j \in N}) = \bar{c} - \sum_{k \in N_j(g)} e_k$ 。设 R&D 努力是有成本的，给定  $e_j \in [0, \bar{c}]$ ，则 R&D 努力的成本为： $Z(e_j) = \gamma \cdot e_j^2, \gamma > 0$ 。

## 2 R&D 网络结构、企业行为与社会福利

本部分的目的是研究企业 R&D 合作程度对企业的 R&D 激励、创新程度、企业利润以及社会福利的影响。我们运用逆向归纳法求解三阶段动态博弈模型。

#### 2.1 第三阶段：价格竞争均衡

在第二阶段决定的成本条件下，第三阶段  $n$  个企业在轮辐模型构筑的差异化产品市场中进行价格竞争。首先根据变形的轮辐模型求出每个企业的需求，然后计算每个企业的均衡价格和产量。

对消费者  $(l_j, x_j)$  或  $(l_k, x_k)$ ，其中  $j, k \in \{1, 2, \dots, n\}$ ，由模型的基本假设可知，企业  $j$  与  $k$  的任一产品是消费者偏好品牌的概率为  $1/(n-1)$ 。每个企业对其产品的定价为  $p_j, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 。对消费者  $(l_j, x_j)$ ，若企业  $j, k$  的产品都是消费者偏好品牌，则当  $p_j + x_j t = p_k + (1 - x_j) t$  时，此消费者视  $j$  与  $k$  的产品无差异，简单计算可得： $x_j = 1/2 + (p_k - p_j) / (2t)$ 。又因为消费者总量为 1，所以轮辐型城市中每条线段上的消费者为  $1/n, l_j$  与  $l_k$  上总的消费者为  $2/n$ 。所以，企业  $j$  的产品总需求为：

$$q_j = \sum_{k \neq j} \left[ \frac{2}{n} \cdot \frac{1}{n-1} \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{p_k - p_j}{2t} \right) \right]$$

给定企业的生产成本  $c_j$ ，企业  $j$  的利润为：

$\pi_j = (p_j - c_j) \cdot q_j = \frac{2(p_j - c_j)}{n(n-1)} \cdot \sum_{k \neq j} [1/2 - (p_k - p_j)/(2t)]$ 。利润最大化的均衡价格和产量分别为:

$$p_j^* = t + \frac{(n-1)c_j + \sum_{k=1}^n c_k}{2n-1} \quad (1)$$

$$q_j^* = \frac{1}{n} + \frac{\sum_{k=1}^n c_k}{(2n-1)nt} - \frac{c_j}{(2n-1)t} \quad (2)$$

可验证, 当  $n=2$  时, 上述轮辐模型恰好退化为 Hotelling 模型。

## 2.2 第二阶段: R&D 努力均衡

在第二阶段, 每个企业在第一阶段形成的合作网络基础上独立选择自己的 R&D 努力程度, 因此, 合作网络以及各个企业的 R&D 努力程度共同决定了各企业的生产成本。

我们主要研究对称网络  $g_k$  下企业的 R&D 努力程度选择。在网络密度为  $k$  的对称网络  $g_k$  中, 企业的初始边际生产成本都为  $\bar{c}$ 。对于任给的  $j(j=1, 2, \dots, n)$ , 在  $g_k$  中存在 3 类企业: 第 1 类是企业  $j$ ; 第 2 类是与  $j$  有合作连接的企业( $k$  个); 第 3 类是与  $j$  没有合作连接的企业( $n-k-1$  个)。这 3 类企业的 R&D 努力程度分别为  $e_j$ 、 $e_l$ 、 $e_m$ , 由基本模型假设可知:

$$\begin{aligned} c_j(g^k) &= \bar{c} - e_j - ke_l \\ c_l(g^k) &= \bar{c} - e_j - ke_l \\ c_m(g^k) &= \bar{c} - (k+1)e_m \end{aligned} \quad (3)$$

企业  $j$  的利润为:

$$\pi_j = (p_j - c_j)q_j - \gamma e_j^2 \quad (4)$$

将式(1)、(2)代入式(4)得:

$$\pi_j = [t + \frac{(n-1)c_j + \sum_{k=1}^n c_k}{2n-1} - c_j] [\frac{1}{n} + \frac{\sum_{k=1}^n c_k}{(2n-1)nt} - \frac{c_j}{(2n-1)t}] - \gamma e_j^2 \quad (5)$$

将式(3)代入上述利润表达式中得:

$$\begin{aligned} \pi_j &= [t + \frac{(n-k-1)(e_j + ke_l - ke_m - e_m)}{2n-1}] \cdot \\ &[\frac{1}{n} + \frac{(n-k-1)(e_j + ke_l - ke_m - e_m)}{(2n-1)nt}] - \gamma e_j^2 \end{aligned} \quad (6)$$

一阶条件为:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_j}{\partial e_j} &= \frac{2(n-k-1)}{(2n-1)n} \cdot [1 + \frac{(n-k-1)(e_j + ke_l - ke_m - e_m)}{(2n-1)t}] \\ &- 2\gamma e_j = 0 \quad (j=1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

对称时,  $e_j = e_l = e_m$ , 代入上式得:

$$\frac{\partial \pi_j}{\partial e_j} = \frac{2(n-k-1)}{n(2n-1)} - 2\gamma e_j = 0, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

由式(7)得均衡时企业 R&D 努力程度的选择为:

$$e_j^* = \frac{n-k-1}{nr(2n-1)}, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

分析式(8)可知:  $k$  越大, 则  $e_j^*$  越小。于是有下述结论:

结论 1: 在差异化产品市场中, 企业间 R&D 网络密度越高, 则企业的 R&D 努力程度越低。

从直观上看, 对企业  $j$  来说, 其研发努力带来两方面效果: 一方面使自身边际生产成本降低并承担相应的研发成

本, 同时产生外部性, 使合作企业分享这一成果; 另一方面在随后的竞争中相对于没有与其合作的企业形成竞争优势, 从竞争中获得收益。随着  $k$  的增大, 这两方面产生的净效应使企业研发努力带来的收益减少, 使企业研发激励下降。

R&D 网络密度的增加使合作企业的研发激励下降, 但网络密度的增加使每个企业都能分享到更多其它企业的研发成果, 从技术进步角度来看, 这两种作用最终对创新程度具有怎样的影响呢? 在这个模型中, 创新程度表现为企业边际生产成本的降低程度。由式(3)可知:

$$c_j^*(g^k) = \bar{c} - e_j^* - ke_l^*, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

在均衡情况下:

$$e_j^* = e_l^* = \frac{n-k-1}{nr(2n-1)} \quad (10)$$

将式(10)代入式(9)得:

$$c_j^*(g^k) = \bar{c} - \frac{(k+1)(n-k-1)}{nr(2n-1)} \quad (11)$$

由式(11)可知, 取  $k^* = \text{int}[\frac{n-2}{2}]$ , 当  $k < k^*$  时,  $c_j^*(g^k)$  随着  $k$  增大而减小, 当  $k > k^*$  时,  $c_j^*(g^k)$  随着  $k$  增大而增大, 即取中等 R&D 合作水平时, 企业成本最小。归纳上述分析得到下述结论:

结论 2: 在差异化产品市场中, 企业的 R&D 网络密度  $k$  与生产成本呈非单调关系: 存在某个值  $k^*$ , 当  $k < k^*$  时,  $k$  越大, 则生产成本越低; 当  $k > k^*$  时,  $k$  越大, 则生产成本越高。

这个结果背后的原因在于, 对一个合作程度为  $k$  的研发网络而言, 再增加一个合作连接会带来两方面: 一方面新增合作企业的研发努力带来边际生产成本的下降; 另一方面网络密度的增加导致各合作企业均衡努力程度下降(结论 1), 边际生产成本上升。在  $k$  较小时, 前者效果大于后者效果, 边际生产成本下降, 到达某个临界值以后, 前者效果小于后者效果, 边际生产成本开始上升。

单纯从技术进步的角度出发, 中等水平的 R&D 网络密度是最优的, 能否实现这一结果依赖于追求利润最大化的企业的行为, 下面分析 R&D 网络密度对企业利润的影响。

将式(8)代入式(6)得均衡时利润为:

$$\pi_j^* = \frac{t}{n} - \frac{(n-k-1)^2}{n^2(2n-1)^2\gamma}, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

又  $\gamma > 0$ , 所以企业的均衡利润随着 R&D 网络密度  $k$  的增大而增大, 此外企业的均衡利润随着差异化程度  $t$  的增大而增大。因此得到下述结论:

结论 3: 在差异化产品市场中, 企业的 R&D 网络密度越高, 则企业利润越大, 企业间差异化程度越高, 则企业利润越大。

结论 3 表明, 在没有政府约束的情况下, 追求利润最大化的企业具有很强的研发合作激励。比较结论 2 与结论 3 可知, 从技术进步的角度来看, 企业存在过度的研发合作动机。从全社会来讲, 衡量最优 R&D 合作程度优劣的标准是社会福利的大小。下面讨论 R&D 网络密度与社会福利之间的关系。

将式(11)代入式(1)得：

$$p_j^* = t + \bar{c} - \frac{(k+1)(n-k-1)}{nr(2n-1)} \quad (13)$$

总消费者剩余为：

$$n \int_0^{1/2} (v - p_j^* - tx) dx = \frac{1}{2}nv - \frac{5}{8}nt - \frac{1}{2}n\bar{c} + \frac{(k+1)(n-k-1)}{2\gamma(2n-1)} \quad (14)$$

总企业利润为：

$$\Pi = n\pi_j^* = t - \frac{(n-k-1)^2}{n\gamma(2n-1)^2} \quad (15)$$

社会福利  $W =$  总消费者剩余 + 总企业利润，则：

$$W = \frac{1}{2}(v - \frac{5}{4}t - \bar{c}) + t + \frac{(n-k-1)(2kn^2 + 2n^2 - nk - 3n + 2k + 2)}{2n\gamma(2n-1)^2} \quad (16)$$

分析式(16)可知，取  $\tilde{k} = \text{int}[\frac{2n^3 - 5n^2 + 6n - 4}{2(2n^2 - n + 2)}]$ ，当  $k < \tilde{k}$

时，社会福利随着  $k$  的增大而增大；当  $k > \tilde{k}$  时，社会福利随着  $k$  的增大而减小，即社会福利在中等水平的 R&D 网络密度上达到最大。此外，差异化程度  $t$  越高，则社会福利越小。上述分析结果可总结为：

结论 4：在差异化产品市场中，企业的 R&D 网络密度  $k$  与社会福利呈非单调关系，即存在某个值  $\tilde{k}$ ，当  $k < \tilde{k}$  时， $k$  越大，则社会福利越大；当  $k > \tilde{k}$  时， $k$  越大，则社会福利越小。同时，企业间差异化程度  $t$  越大，则社会福利越小。

结论 4 表明，社会福利在中等水平的 R&D 网络密度上实现最大。比较结论 3 和结论 4 发现，从社会福利角度来看，企业同样存在过度的研发合作激励。

### 2.3 R&D 网络稳定性分析

网络结构稳定性问题是网络形成理论的复杂课题。多个企业独立进行研发合作决策形成大量各异的网络结构，对每种结构都进行稳定性分析是一项极其复杂的工程。本文将网络结构限定在对称网络的范围内，探讨空网络和完全网络的稳定性问题。根据本文给出的网络稳定性定义，我们得到下述结论：

结论 5：在差异化产品市场中，当  $\gamma$  充分大时，空网络是策略性不稳定的网络结构；完全网络是策略性稳定的网络结构。

空网络是策略性不稳定的，这表明企业总有建立合作连接的动机。若企业彼此互连形成完全网络，则企业将维持这种状态，由前述结论可知在完全网络下，技术进步和社会福利都不是最优的，从政策层面来讲，应当限制过密 R&D 网络结构的存在。

## 3 结论

我们的分析表明，在差异化产品市场中企业 R&D 合作网络密度越高，则单个企业的研发激励越小，但是技术创新程度在中等网络密度上达到最大。同时，我们的研究还

表明，社会福利在中等网络密度上实现最优。此外，从企业利润和网络结构的稳定性来看，企业总存在研发合作激励，并且当外界条件成熟时，企业存在过度的研发合作激励。因此，不论从技术进步还是从社会福利角度出发，政策制定者都应当鼓励中等水平的研发合作，并警惕企业间研发合作的泛滥。本文的研究限于对称网络，如何在差异化产品市场中研究内容更丰富的不对称网络，是有待深入探讨的重要课题。

参考文献：

- [1] HAGEDOORN J. Inter-firm R&D partnerships an overview of major trends and patterns since 1960 [J]. *Research Policy*, 2002, 31: 477-492.
- [2] POWELL W.W., K.W. KOPUT, L.SMITH-DOERR. Inter-organizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology [J]. *Administrative Science Quarterly*, 1996, 41: 116-145.
- [3] JACKSON M.O. A survey of models of network formation: stability and efficiency [M]. DEMANGE G. M. WOODERS. Group formation in economics networks clubs and coalitions. Cambridge Cambridge University Press, 2005.
- [4] GOYAL S. S. JOSHI. Networks of collaboration in oligopoly [J]. *Games and Economic Behavior*, 2003, 43: 57-85.
- [5] GOYAL S. J.L. MORAGA-GONZÁLEZ. R&D networks [J]. *RAND Journal of Economics*, 2001, 32: 686-707.
- [6] GOYAL S. J.L. MORAGA-GONZÁLEZ. Firms networks and markets a survey of recent research [J]. *Revue d'économie industrielle*, Année 2003, 103: 207-232.
- [7] CHEN Y. M. RIORDAN. Price and variety in the spokes model [J]. *Economic Journal*, 2007, 117(522): 897-921.
- [8] JACKSON M.O., A. WOLINSKEY. A strategic model of social and economic networks [J]. *Journal of Economic Theory*, 1996, 71: 44-74.
- [9] BILLAND P. C. BRAVARD. Non-cooperative networks in oligopolies [J]. *International Journal of Industrial organization*, 2004, 22: 593-609.
- [10] BALA V. S. GOYAL. A Non-cooperative model of network formation [J]. *Econometrica*, 2000, 68(5): 1181-1229.
- [11] GOYAL S. J.L. MORAGA-GONZÁLEZ A. KONOVALOV. Hybrid R&D [A]. Tinbergen Institute Discussion Paper TI, 2003.
- [12] KRANTAN R.E. D.F. MINEHART. A theory of buyer-seller networks [J]. *American Economic Review*, 2001, 91: 485-508.

(责任编辑：万贤贤)