

供应链网络节点企业间合作关系的进化博弈分析

江 宏, 罗定提, 钟德强

(湖南工业大学 管理科学与工程研究所, 湖南 株洲 412008)

摘 要: 应用进化博弈理论分析供应链网络中节点企业之间的合作策略学习过程, 基于博弈参与方有限理性的假设前提, 针对两人对称和两人非对称合作两种情况, 分析模仿者复制动态模型和相应的进化稳定策略, 证明当信任约束机制不健全时, 节点企业最终均会选择非合作, 而当信任约束机制健全时, 节点企业最终均会选择合作。

关键词: 供应链网络; 合作; 进化博弈; 进化稳定策略

中图分类号: F274

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2009)02-0077-05

Evolutionary Game Analysis of Cooperation Relationship among Node Enterprises in Supply Chain Network

Jiang Hong, Luo Dingti, Zhong Deqiang

(Management Science & Engineering Research Institute, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: Based on the hypothesis of bounded rationality and the help of the basic framework of evolutionary game theory, different replicate dynamics models are analyzed in symmetric or asymmetric co-opetition games, as well as its evolutionarily stable strategy is studied. We prove that when the trust and restriction mechanism is perfect, node enterprises will choose cooperation mode, otherwise, they'll choose a non-cooperation way.

Key words: supply chain network; cooperation; evolutionary game; evolutionarily stable strategy

0 引言

供应链管理是在日趋激烈的市场竞争环境条件下产生的一种新的管理模式, 其重点管理和协调供应链节点企业之间的合作关系, 强调供应链核心企业集中资源发展其核心业务和核心竞争力, 而对非核心业务则通过外包等形式与其它企业进行协作。因此, 供应链管理成败的关键体现在其节点企业之间的合作问题上^[1]。

许淑君、马士华^[2,3]在对供应链合作关系中企业间信任进行博弈分析的基础上, 提出法律体系与社会制度对于培养企业间信任、促进合作具有重要作用, 并给出了社会制度背景下企业间信任博弈的一般模型。罗定提^[4]与梁美华^[5]等对供应链企业间合作伙伴关系

产生的背景、动因、获得的效益 3 个方面对企业合作伙伴关系价值进行了分析, 并提出了决定供应商-客户关系能否顺利转型为合作伙伴关系的 4 项最基本、最重要的条件; 钟德强^[6]等在考虑零部件的市场环境、价格稳定程度、产品特征、供应商生产能力、买主与供应商相对地位及合作强度等因素的基础上, 建立了合作竞争环境下的供应商数量优化模型, 并对模型进行了求解与仿真, 分析了买主应选择的最优供应商数随各种因素变化的规律。

传统供应链运作模式基于相对静态的战略合作伙伴关系见图 1。这种关系建立在企业间直接连接的基础上, 减少了中间环节, 降低了运营成本, 但这种连接显得刚性过大、柔性不足; 同时, 战略同盟关系的建立需要长期考察, 且一旦组建相互承诺长期合作就

收稿日期: 2009-03-02

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(05JJ40109), 湖南工业大学研究生创新基金资助项目(CX0819)

作者简介: 江 宏(1981-), 男, 湖南常德人, 湖南工业大学硕士研究生, 主要研究方向为供应链管理, E-mail: iapdc@163.com

缺乏必要的动态性。面对快速变动的市场,供应链的运营常会出现劳动力不足或能力过剩的现象,反而会增加供应链整体运营成本,且一旦供应链的某个环节出现问题,供应链其他企业将承担巨大风险,甚至会出现破产的情况。如2002年初,爱立信宣布退出手机市场,引起业界一片哗然。据《华尔街时报》分析,爱立信退出的原因是其唯一的手机芯片供应商——飞利浦墨西哥芯片厂发生了火灾,而爱立信没有危机处理方案,其唯一能做的就是等芯片厂恢复生产,爱立信公司有数百万支新款手机因得不到急需的零部件,只能失去市场。

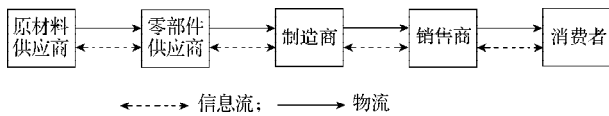


图1 传统的供应链结构

Fig. 1 The traditional structure of supply chain

本文将运用进化博弈理论针对供应链网络中节点企业之间的合作策略学习过程,分两人对称和两人非对称合作2种情况进行讨论。两人对称合作博弈又考虑了信任约束机制健全和信任约束机制不健全2种情形,通过对比得出如下结论:完善信任约束机制是维持供应链网络中节点企业之间合作关系的关键;运用进化博弈的基本分析框架,分析两人非对称合作博弈的模仿者复制动态模型和进化稳定策略,以此描述两企业间合作竞争博弈之长期演化趋势,对企业合作竞争行为提出对策建议。

1 供应链网络节点企业间两人对称合作关系进化博弈分析

供应链网络中节点企业之间的合作关系是一种战略意义上的合作关系。在供应链网络的建立和运行过程中,节点企业间的合作必须以相互信任为基础,信任为节点企业间的合作提供了精神上的激励和违规行为的约束,能有效降低供应链网络运行成本、制度制订成本和交易成本;明显提高供应链网络的工作效率,简化工作流程,有利于供应链网络整体收益水平的提高。但节点企业之间并非一开始就都建立了相互信任的关系,节点企业之间的相互信任往往是随着供应链网络的运行而逐步建立和加深的,节点企业存在着一种学习过程。

假设:

1) 一大群有限理性的企业匿名随机配对,参与重复博弈,其中有些企业是“合作”类型,有些企业是“不合作”类型,节点企业对每一笔交易的得益都可以立即知道,但对其交易策略是否正确不能确定,因而策略会改变但改变较慢。

2) 企业是“合作”或“不合作”类型不是事先确

定的,而是随参与人的学习过程和策略调整改变。

3) 将节点企业的态度分为信任和不信任2种类型,信任代表合作,意味着双方达成交易。

4) 供应链网络内节点企业数量比较大,因此,可认为博弈是在较多节点企业中的随机配对反复博弈,近似满足进化博弈的前提条件。

5) 一般对称博弈得益矩阵如表1所示。

我们把节点企业之间的一次交易称为一次博弈,双方得益矩阵如表1所示。

表1 对称合作关系下节点企业1与企业2的进化博弈模型

Table 1 Model of evolutionary game between node enterprise 1 and enterprise 2 under the relationship of symmetric cooperation

节点企业2	节点企业1	
	信任	不信任
信任	π_{TT}, π_{TT}	π_{TS}, π_{ST}
不信任	π_{ST}, π_{TS}	π_{DD}, π_{DD}

表1中, π_{TT} 是节点企业双方互相保持信任时的得益; π_{TS} 是对方警惕性较强而自己却一味信任对方时的得益; π_{ST} 是对方合作,自己持防卫心理时的得益; π_{DD} 是双方都持保守抵御心态下的得益,此时潜在利益并没有实现。

下面分2种情形进行讨论。

情形1 信任约束机制不健全

假设初始状态下有 x 比例的节点企业采取信任策略,则节点企业1在采取信任策略时的期望收益为:

$$\pi_1 = x\pi_{TT} + (1-x)\pi_{TS}; \quad (1)$$

在采取不信任策略时的期望收益为:

$$\pi_2 = x\pi_{ST} + (1-x)\pi_{DD}; \quad (2)$$

平均期望收益为: $\bar{\pi} = x\pi_1 + (1-x)\pi_2$ 。 (3)

这样,则有:

$$\begin{aligned} \pi_1 - \bar{\pi} &= \pi_1 - [x\pi_1 + (1-x)\pi_2] = \\ &= (1-x)\pi_1 - (1-x)\pi_2 = \\ &= (1-x)[x(\pi_{TT} - \pi_{ST}) + (1-x)(\pi_{TS} - \pi_{DD})]。 \end{aligned} \quad (4)$$

节点企业学习模仿的速度取决于2个因素:一是模仿对象的数量大小(可用相应类型节点企业的比例表示),因为这关系到观察和模仿的难易程度;二是模仿对象的成功程度(可用模仿对象策略得益超过平均得益的幅度表示),因为这关系到判断差异的难易程度和对模仿激励的大小^[7]。

以采用信任策略类型节点企业的比例为例,其动态变化速度可用如下动态微分方程表示:

$$\frac{dx}{dt} = F(x) = x(\pi_1 - \bar{\pi}), \quad (5)$$

其中, dx/dt 表示“信任”类型节点企业比例随时间的变化率。

该动态微分方程的含义是“信任”类型节点企业比例的变化率与该类型节点企业的比例成正比,与该

类型节点企业的期望得益大于所有节点企业平均得益的幅度也成正比。将式(4)代入式(5), 得到相应的复制动态方程为:

$$\frac{dx}{dt} = F(x) = x(\pi_1 - \bar{\pi}) = x(1-x) \left[x(\pi_{TT} - \pi_{ST}) + (1-x)(\pi_{TS} - \pi_{DD}) \right], \quad (6)$$

由式(6)可得:

$$F'(x) = (1-x) \left[x(\pi_{TT} - \pi_{ST}) + (1-x)(\pi_{TS} - \pi_{DD}) \right] - x \left[x(\pi_{TT} - \pi_{ST}) + (1-x)(\pi_{TS} - \pi_{DD}) \right] + x(1-x)(\pi_{TT} - \pi_{ST} - \pi_{TS} + \pi_{DD}), \quad (7)$$

令 $F(x) = 0$ 得: $x_1 = 0, x_2 = 1, x_3 = \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{DD} - \pi_{TS} + \pi_{TT} - \pi_{ST}}$,

当信任约束机制不健全时, 节点企业选择不信任策略, 需付出的代价较小, 甚至是没有代价; 双方信任比单方信任更能实现潜在利益; 不信任方的选择会对信任方的原有利益造成损害。因此可假设 $\pi_{ST} > \pi_{TT} > \pi_{DD} > \pi_{TS}$, 则 $\pi_{DD} - \pi_{TS} > 0, \pi_{TT} - \pi_{ST} < 0$, 因此有 $\pi_{DD} - \pi_{TS} + \pi_{TT} - \pi_{ST} < \pi_{DD} - \pi_{TS}$ 。当 $\pi_{DD} - \pi_{TS} + \pi_{TT} - \pi_{ST} > 0$ 时, $\frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{DD} - \pi_{TS} + \pi_{TT} - \pi_{ST}} > 1$, 即

$x_3 > 1$, 无意义(因 $0 \leq x \leq 1$); 当 $\pi_{DD} - \pi_{TS} + \pi_{TT} - \pi_{ST} < 0$ 时,

$\frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{DD} - \pi_{TS} + \pi_{TT} - \pi_{ST}} < 0$, 即 $x_3 < 0$, 也无意义; 当 $\pi_{DD} - \pi_{TS} + \pi_{TT} - \pi_{ST} = 0$ 时, x_3 不存在。这样, 不管如何, x_3 均不可能成为复制动态方程的稳定解。复制动态方程的稳定解只能在 x_1, x_2 中产生。因 $F(x_1) = \pi_{TS} - \pi_{DD} < 0, F(x_2) = \pi_{ST} - \pi_{TT} > 0$ 。根据微分方程稳定性定理, $x_1 = 0$ 为稳定解, 即在信任约束机制不健全的情况下, 供应链网络中出现的信任只是一种不稳定策略, 一旦有人采用欺诈和不信任手段, 其他人就会逐渐模仿, 直至所有节点企业都选择不信任。

情形2 信任约束机制健全

当信任约束机制形成时, 节点企业选择不信任策略, 需付出的代价较大。这样可假设 $\pi_{TT} > \pi_{TS} > \pi_{DD} > \pi_{ST}$, 则 $\pi_{TS} - \pi_{DD} > 0, \pi_{ST} - \pi_{TT} < 0$, 有 $\pi_{TS} - \pi_{DD} + \pi_{ST} - \pi_{TT} < \pi_{TS} - \pi_{DD}$ 。当 $\pi_{TS} - \pi_{DD} + \pi_{ST} - \pi_{TT} > 0$ 时, $\frac{\pi_{TS} - \pi_{DD}}{\pi_{TS} - \pi_{DD} + \pi_{ST} - \pi_{TT}} > 1$, 即 $x_3 > 1$, 无意义; 当 $\pi_{TS} - \pi_{DD} + \pi_{ST} - \pi_{TT} < 0$ 时,

$\frac{\pi_{TS} - \pi_{DD}}{\pi_{TS} - \pi_{DD} + \pi_{ST} - \pi_{TT}} < 0$, 即 $x_3 < 0$, 也无意义; 当 $\pi_{TS} - \pi_{DD} + \pi_{ST} - \pi_{TT} = 0$ 时, x_3 不存在。同样, x_3 不可能成为复制动态方程的稳定解。复制动态方程的稳定解只能在 x_1, x_2 中产生。由于 $F(x_1) = \pi_{TS} - \pi_{DD} > 0, F(x_2) = \pi_{ST} - \pi_{TT} < 0$ 。根据微分方程稳定性定理, $x_2 = 1$ 为稳定解, 即在信任约束机制健全的情况下, 供应链网络中出现的信任是一种进化稳定策略。事实上, 由于信任约束机制的健全, 使得节点企业选择信任策略得到的平均收益比总体平均收益要高, 即便有人选择了不信任策略, 也会

很快发现其得益并不如选择信任的得益, 接下来就会选择信任策略, 直至所有节点企业都选择信任。

2 供应链网络节点企业间两人非对称合作关系进化博弈分析

2.1 假设

1) 假设2个有差别的有限理性博弈方群体的成员, 相互之间随机配对博弈, 即反复从2个有差别的有限理性博弈方群体中分别随机抽取1个成员配对进行博弈。

2) 在有差别的2类企业内部, 有些企业是“合作”类型, 有些企业是“不合作”类型。企业是“合作”或“不合作”类型不是事先确定的, 而是随着参与人的学习过程和策略调整而改变。

3) 2×2 非对称博弈支付矩阵如表2所示, 且 $\pi_{TS} > \pi_{DD}, \pi'_{TS} > \pi'_{DD}$ 。

表2 非对称合作关系下节点企业1与企业2的进化博弈模型

Table 2 Model of evolutionary game between node enterprise 1 and enterprise 2 under the relationship of asymmetric cooperation

节点企业1	节点企业2	
	合作	不合作
合作	π_{TT}, π'_{TT}	π_{TS}, π_{ST}
不合作	π'_{ST}, π'_{TS}	π_{DD}, π'_{DD}

4) 企业间合作竞争的支付结构满足囚徒困境模型的要求, 即长期生产的企业有必要维持长期合作, 一旦出现不合作, 企业之间的竞争就陷入囚徒困境。

5) 企业1群体中“合作”类型比例为 x , “不合作”类型比例为 $1-x$; 企业2群体中“合作”类型比例为 y , “不合作”类型比例为 $1-y$ 。

2.2 模仿者复制动态方程及其 ESS (Evolutionary Stable Strategy)

根据2企业间非对称合作博弈支付矩阵(表2), 对于企业1群体中的企业, 采用合作策略期望得益为

$$u_{11} = y \cdot \pi_{TT} + (1-y) \cdot \pi_{TS}, \quad (8)$$

采用不合作策略期望得益为

$$u_{12} = y \cdot \pi'_{ST} + (1-y) \cdot \pi_{DD}, \quad (9)$$

群体平均期望得益为

$$\bar{u}_1 = x u_{11} + (1-x) u_{12} = x \left[y \cdot \pi_{TT} + (1-y) \cdot \pi_{TS} \right] + (1-x) \left[y \cdot \pi'_{ST} + (1-y) \cdot \pi_{DD} \right], \quad (10)$$

企业1群体中的企业采用“合作”类型比例的复制动态方程为 $\frac{dx}{dt} = x(u_{11} - \bar{u}_1) = x \left\{ y \cdot \pi_{TT} + (1-y) \cdot \pi_{TS} - x \left[y \cdot \pi_{TT} + (1-y) \cdot \pi_{TS} \right] + (1-x) \left[y \cdot \pi'_{ST} + (1-y) \cdot \pi_{DD} \right] \right\} =$

$$x(1-x) \left[(\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}) y - (\pi_{DD} - \pi_{TS}) \right], \quad (11)$$

对于企业 2 群体中的企业, 采用合作策略期望得益为

$$u_{21} = x \cdot \pi'_{TT} + (1-x) \cdot \pi'_{TS}, \quad (12)$$

采用不合作策略期望得益为

$$u_{22} = x \cdot \pi'_{ST} + (1-x) \cdot \pi'_{DD}, \quad (13)$$

群体平均期望得益为:

$$\bar{u}_2 = y \cdot u_{21} + (1-y) \cdot u_{22} = y[x \cdot \pi'_{TT} + (1-x)\pi'_{TS}] + (1-y)[x \cdot \pi'_{ST} + (1-x)\pi'_{DD}], \quad (14)$$

企业 2 群体中的企业采用“合作”类型比例的复制动态方程为:

$$\frac{dy}{dt} = y(u_{21} - \bar{u}_2) = y\{[x \cdot \pi'_{TT} + (1-x)\pi'_{TS}] - y[x \cdot \pi'_{TT} + (1-x)\pi'_{TS}] - (1-y)[x \cdot \pi'_{ST} + (1-x)\pi'_{DD}]\} = y(1-y) \cdot [x(\pi'_{TT} - \pi'_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}) - (\pi'_{DD} - \pi'_{TS})], \quad (15)$$

令 $\frac{dx}{dt} = 0, \frac{dy}{dt} = 0$, 得两企业间非对称合作博弈动态系统的 5 个奇点: $(0, 0)$ 、 $(1, 1)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 、

$$\left(\frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi'_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}}, \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}} \right).$$

2.2.1 x 的进化稳定性分析

1) 当 $\pi'_{ST} > \pi_{TT}$ 且 $\pi_{TS} > \pi_{DD}$ 时,

$0 < \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}} < 1$, 根据模仿者复制动态方程式 (11) 和前述进化稳定策略性质可得: 若

$y = \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}}$, 则 $\frac{dx}{dt} = 0$, 意味着 x 总是不变

化的; 若 $y > \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}}$, 则

$[(\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS})y - (\pi_{DD} - \pi_{TS})] < 0$, 于是 $x^* = 0$ 进

化稳定; 若 $y < \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}}$, 则

$[(\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS})y - (\pi_{DD} - \pi_{TS})] > 0$, 于是 $x^* = 1$ 进

化稳定。经济上的涵义可理解为: 如果就博弈企业群体 1 而言, 针对合作的企业群体 2, 运用不合作策略有利; 针对不合作的企业群体 2, 运用合作策略有利, 那么企业群体 1 收敛到何种策略与企业群体 2 的策略选择比例相关, 当较多比例的企业群体 2 选择合作时, 企业群体 1 最终收敛于选择不合作策略; 而当较少比例企业群体 2 选择合作时, 企业群体 1 最终收敛于选择合作策略。

2) 当 $\pi'_{ST} < \pi_{TT}$ 且 $\pi_{TS} > \pi_{DD}$ 时, 因因徒困境, 相互不合作所造成的损失最大, $(\pi_{TT} - \pi'_{ST}) < (\pi_{TS} - \pi_{DD})$, 于是

$\frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}} > 1$, 不再考虑奇点

$\left(\frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}}, \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}} \right)$ 的稳定性。

同时, 据模仿者复制动态方程 (11) 和前述进化稳定策略性质, 因 $[(\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS})y - (\pi_{DD} - \pi_{TS})] > 0$, 因此 $x^* = 1$ 进化稳定, 即若无论企业群体 2 选择何种策略, 企业群体 1 采取合作策略都有助于自身利益, 那么企业群体 1 经过学习后的长期动态趋势是选择合作策略。

2.2.2 y 的进化稳定性分析

1) 当 $\pi'_{TS} > \pi'_{DD}$ 且 $\pi'_{TT} > \pi_{ST}$ 时, 表明无论企业群体 1 选择何种策略, 企业群体 2 选择合作策略总是对自己有利的。同理, 此时一般 $(\pi'_{TT} - \pi_{ST}) < (\pi'_{TS} - \pi'_{DD})$, 于是

$\frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}} > 1$, 不再考虑奇点

$\left(\frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}}, \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}} \right)$ 的稳定性。

由于 $[x(\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}) - (\pi'_{DD} - \pi'_{TS})] > 0$, 根据模仿者复制动态方程式 (15) 和前述进化稳定策略的性质, 可得 $y^* = 1$ 进化稳定。

结合当 $\pi'_{ST} < \pi_{TT}$ 且 $\pi_{TS} > \pi_{DD}$ 时的 x 进化稳定性分析, 奇点 $(1, 1)$ 稳定均衡, 意味着博弈双方均选择合作的稳定均衡策略; 如果结合当 $\pi'_{ST} > \pi_{TT}$ 且 $\pi_{TS} > \pi_{DD}$ 时的 x 进化稳定性分析, 则奇点 $(0, 1)$ 稳定均衡, 即不合作与合作的均衡, 这种结果往往是存在弱肉强食的情况, 强势企业群体 1 总是不合作。

2) 当 $\pi'_{TS} > \pi'_{DD}$ 且 $\pi'_{TT} < \pi_{ST}$ 时, 即对合作者采取不合作策略, 对不合作者采取合作策略有利。则

$0 < \frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}} < 1$, 根据式 (15) 和前述进化稳

定策略性质得, 若 $x = \frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}}$, 则 $\frac{dy}{dt} = 0$, 意

味着 y 总是不变化的; 若 $x > \frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}}$, 则

$[x(\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}) - (\pi'_{DD} - \pi'_{TS})] < 0$, 于是 $y^* = 0$ 进

化稳定; 若 $x < \frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}}$, 则

$[x(\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}) - (\pi'_{DD} - \pi'_{TS})] > 0$, 于是 $y^* = 1$ 进

化稳定。结合当 $\pi'_{ST} < \pi_{TT}$ 且 $\pi_{TS} > \pi_{DD}$ 时的 x 进化稳定性分析, 奇点 $(1, 0)$ 稳定均衡; 如果结合当 $\pi'_{ST} > \pi_{TT}$ 且 $\pi_{TS} > \pi_{DD}$ 时的 x 进化稳定性分析, 则奇点 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 进化稳定均衡, 奇点

$\left(\frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}}, \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}} \right)$ 为不稳定

鞍点。

进化博弈的复制动态关系和稳定性如图 2 所示。

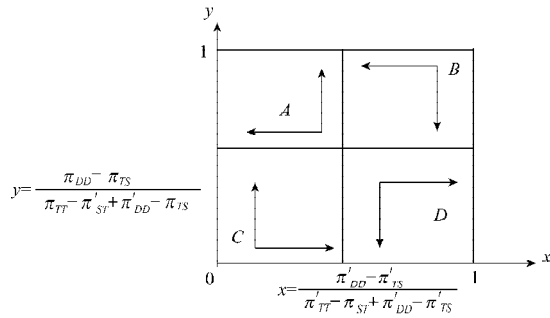


图2 进化博弈的复制动态关系和稳定性

Fig. 2 Dynamics replication and stability of evolutionary game

由图2可知, 当初始状态在A区域, 即当 $x \in \left[0, \frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi'_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}}\right]$ 且 $y \in \left[\frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}}, 1\right]$ 时, 博弈进化均衡收敛于 $(0, 1)$; 当初始状态在D区域, 即当 $x \in \left[\frac{\pi'_{DD} - \pi'_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi'_{ST} + \pi'_{DD} - \pi'_{TS}}, 1\right]$, 且 $y \in \left[0, \frac{\pi_{DD} - \pi_{TS}}{\pi'_{TT} - \pi'_{ST} + \pi_{DD} - \pi_{TS}}\right]$ 时, 博弈进化均衡收敛于 $(1, 0)$; 当初始状态在B区域、C区域时, 博弈进化方向是不确定的, 也许进入A区域收敛于 $(0, 1)$, 也许进入D区域收敛于 $(1, 0)$ 。从图2中不难看出, 在图2所示的博弈中, $(1, 0)$ 和 $(0, 1)$ 都是这个博弈的进化稳定策略, 最终收敛到哪个策略要看系统的初始状态。当初始状态落在A区域时, 系统会收敛到 $(0, 1)$, 即企业1的群体采用不合作的策略, 企业2的群体将采用合作的策略; 当初始状态落在D区域时, 系统会收敛到 $(1, 0)$ 即企业1的群体采用合作的策略, 企业2的群体将采用不合作的策略; 当初始状态落在B、C区域时, 系统演化的方向是不确定的, 有可能进入A区域而收敛到 $(0, 1)$, 也有可能进入D区域而收敛到 $(1, 0)$ 。因此在进化博弈中, 个体在给定信息下并不一定选择最优化行为, 而是通过学习、模仿等活动选择合意 (Aspiration Levels) (并非最优) 的决策, 其均衡结果依赖于博弈历史。这反映了企业合作竞争行为的多样性和复杂性的现实。

3 结论

由分析可知, 在供应链网络的运行过程中, 节点企业间的合作存在着一个选择信任和不信任的策略学习过程。当信任约束机制不健全时, $x=0$ 为供应链网络的进化稳定策略解; 当信任约束机制健全时, $x=1$ 为供应链网络的进化稳定策略解。也就是说, 当信任约

束机制不健全时, 节点企业最终均会选择合作, 而当信任约束机制健全时, 节点企业最终均会选择合作。企业在合作竞争中采取何种策略, 受到企业间博弈支付矩阵的影响, 有时会同时受到参与博弈的另一方企业群体策略选择比例的影响。若合作策略总是有利于增加自身利益, 则企业经过学习后的长期动态趋势是选择合作策略。

参考文献:

[1] 马士华, 林 勇, 陈志祥. 供应链管理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 124-153.
Ma Shihua, Linyong, Chen Zhixiang. Supply Chain Management[M]. Beijing: China Machine Press, 2000: 124-153.

[2] 许淑君, 马士华. 供应链企业间的信任机制研究[J]. 工业工程与管理, 2000(6): 5-8.
Xu Shujun, Ma Shihua. The Supply Chain of Inter-Firm Trust Mechanism[J]. Industrial Engineering and Management, 2000(6): 5-8.

[3] 许淑君, 马士华. 合作、信任与社会制度[J]. 物流技术, 2001(2): 37-39.
Xu Shujun, Ma Shihua. Cooperation, Trust and Social Systems[J]. Logistics Technology, 2001(2): 37-39.

[4] 罗定提, 梁美华. 选择合作——企业间合作伙伴关系价值分析[J]. 经济论坛, 2002(13): 29-31.
Luo Dingti, Liang Meihua. Choose Cooperation Analysis of the Value of Enterprises' Cooperation Relationship[J]. Economic Salon, 2002(13): 29-31.

[5] 梁美华, 罗定提. 合作要选择好伙伴[J]. 经济论坛, 2002(19): 32-33.
Liang Meihua, Luo Dingti. Cooperation Needs Good Partner [J]. Economic Salon, 2002(19): 32-33.

[6] 钟德强, 仲伟俊, 梅姝娥, 等. 合作竞争下的供应商数量优化问题研究[J]. 管理科学学报, 2003(6): 57-65.
Zhong Deqiang, Zhong Weijun, Mei Shue, et al. Research on Optimal Number of Suppliers Based on Co-Competition [J]. Journal of Management Science in China, 2003(6): 57-65.

[7] 谢识予. 经济博弈论[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2002: 233-274.
Xie Shiyu. Economic Game Theory[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2002: 233-274.

(责任编辑: 廖友媛)