

电信业技术变迁的演化博弈分析

田宇^{1,2}, 马钦海¹

(1. 东北大学 工商管理学院, 沈阳 110004; 2. 中国联合网络通信有限公司沈阳分公司, 沈阳 110004)

摘要: 本文利用演化博弈理论的最新研究成果, 构造了一个电信技术市场模仿者动态博弈模型来考察电信业技术变迁过程。研究结果表明: 在电信业技术变迁过程中, 可能出现非效率技术“锁定”, 也可能出现非效率技术被更有效率的技术取代; 电信技术“锁定”在一定条件下是可以被破解的, 政府可通过对更有效率的技术的研发提供补贴或降低其交易成本等措施来打破非效率技术“锁定”, 使得电信业技术变迁向更有效的方向演进。

关键词: 电信业; 技术变迁; 演化博弈; 技术锁定

中图分类号: F062.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2010)02-0034-05

进入新世纪以来, 信息通信技术日新月异, 电信业务移动化、宽带化、IP化以及多媒体化的趋势越来越明显, 电信业正面临深刻的变革。来自互联网的力量迫使电信运营商加快转型的步伐, 电信运营商希望在信息服务领域找到新的利润增长点。在全球电信运营企业纷纷转型之际, 中国的电信运营企业紧随其后提出了转型战略。2004年底, 中国电信集团公司董事长王晓初在国内电信业界率先明确提出“战略转型”的未来发展理念, 吹响了中国电信由传统的基础网络运营商向现代综合信息服务提供商转变的号角, 并提出力争用8~10年的时间将中国电信集团公司转型为现代综合信息服务提供商。中国移动运营商也顺应市场环境的变化, 提出了各自的转型构想, 如中国联通提出要坚持理性、务实、积极的发展策略, 实现公司发展模式向“综合信息服务”的转型, 中国移动提出树立“通信专家”品牌、打造“无线音乐价值链”, 向综合多元的信息服务业转型迈出了实质性步伐。

可见, 加强技术、业务的创新, 推进电信业转型, 既是全球信息通信业发展的必然趋势, 更是现阶段中国电信业发展的迫切要求。技术变迁在电信业转型过程中具有关键作用, 技术的转型是服务转型的基础, 因此, 研究电信技术变迁不仅具有重要的学术价值, 而且是电信企业和产业发展的迫切需要, 具有很强的现实意义。

1 文献综述

经济学说史的研究认为, 20世纪60年代以前只有三位经济学家——马克思、凡勃伦和熊彼特^[1]对技术变迁进行过深入探讨。饶有意味的是, 这三位经济学家都被认为具有丰富的演化思想, 都是演化经济学当之无愧的先驱, 这或许预示着技术变迁研究非常需要一种演化的观点。20世纪80年代开始获得蓬勃发展的演化经济学, 很好地继承和发扬了先驱者的优良传统, 对包括技术变迁在内的许多问题进行了有益的探索。与主流经济学采纳笛卡尔-牛顿世界观, 模仿经典物理学, 借用均衡、弹性等概念对经济现象进行简单化、还原化和决定论的处理方法不同, 演化经济学则接受达尔文的进化世界观, 认为经济演化的核心不在于静态的存在 (being), 而在于动态的生成 (becoming), 强调个体的异质性、系统演化的非线性和时间性, 倡导从进化生物学和其他自然科学中汲取丰富营养, 通过隐喻方法研究和处理动态复杂的经济系统, 试图构建一种全新的经济学体系^[2]。以此为指导, 演化经济学对技术变迁、产业竞争、价格机制、市场过程、制度变迁、社会交往等问题都做了研究。

在技术变迁方面, 演化经济学者的探索主要集中在技术变迁的一般演化过程的研究、技术变迁与生物进化的类似性及演化方法的可行性研究、技术变迁过程特定阶段的研究、技术变迁仿真模拟研究和技术变迁个案研究等方面^[3]。这些研究取得了丰

收稿日期: 2009-12-11

作者简介: 田宇 (1968—), 女, 辽宁沈阳人, 东北大学工商管理学院博士研究生, 高级工程师, 研究方向: 服务管理; 马钦海 (1963—), 男, 山东鱼台人, 东北大学工商管理学院副院长、教授, 博士生导师, 研究方向: 服务管理、企业政策与战略等。

富的成果,为技术变迁的研究奠定了坚实的基础。不过,它们也存在着一定的不足,如以演化方法探索特定行业技术变迁一般过程的研究相对缺乏。不同行业的技术具有不同的特性,这些特性使得用技术变迁的一般规律来解释这些行业的技术变迁变得很困难,电信技术就是一个典型的例子。电信技术不同于一般意义的技术,它的效用不仅取决于技术自身的特征,还取决于网络规模(用户基础),具有很强的网络外部性。事实上,网络外部性问题最先由 Rohlfs 在研究通信服务时提出^[4]。Katz、Shapiro 将网络外部性定义为“随着使用同一产品或服务用户数量的变化,每个用户从消费此产品或服务中所获得的效用的变化”^[5]。网络外部性改变了传统产品“物以稀为贵”的价值定理。具有网络外部性的产品或服务越是被普及使用,产品就越有价值。因此,有必要把电信技术变迁作为特例来单独研究其变迁规律。

对于传统的经济领域,市场均衡是唯一的,而且也是稳定的。而网络外部性下的 ICT 技术市场均衡却是多重的,稳定和不稳定共存,因而传统的均衡分析理论已不再适用。演化博弈理论(evolutionary game theory,也称进化博弈论)的发展为研究具有强烈网络效应的技术变迁提供了强有力的工具。演化博弈理论至少自 Lewontin 用于解释生态现象就已产生了,并被广泛应用于生态学、社会学及经济学等领域来研究群体行为的演化过程及其结果^[6]。演化博弈理论从有限理性的个体出发,以群体为研究对象,认为现实中个体并不是行为最优者,个体的决策是通过个体之间模仿、学习和突变等动态过程来实现的。演化博弈理论强调系统达到均衡的动态调整过程,认为系统的均衡是达到均衡过程的函数,也就说均衡依赖于达到均衡的路径。

基于以上考虑,本文将利用演化博弈理论来深入分析电信业技术变迁的动态过程。动态概念在进化博弈理论中占有相当重要的地位,许多博弈理论家对群体行为调整过程进行了广泛而深入的研究。他们基于不同的考虑问题角度而提出了不同的动态模型,如 Weibull 提出的模仿动态(imitation dynamics)模型^[7]、Börgers 和 Sarin 等提出的强化动态(reinforcement dynamics)模型等^[8]。但到目前为止,在进化博弈理论中应用最多的还是由 Taylor 和 Jonker 提出的模仿者动态(replicator dynamics)模型^[9]。模仿者动态是进化博弈理论的基本动态,它能较好地描绘出有限理性个体的群体行为变化趋势,由之得出的结论能够比较准确地预测个体的群体行为,因而倍受博弈理论家们的重视^[10]。

模仿者动态博弈模型认为,有限理性的经济主体不可能准确地知道自己的利害状态,而是通过最有利的策略逐级模仿下去,最终达到一种均衡状态。它研究在演化过程中参与者如何进行策略选择和调整、这样的过程是否具有稳定的均衡点以及如何解释这个均衡点。该模型适合分析学习速度较慢的有限理性博弈方的动态策略调整及其稳定性。博弈方的速度较慢表现为向优势策略转变是一个渐进过程,不是所有博弈方同时调整,策略调整速度可以用生物进化的进化动态方程——复制动态公式表示。本文也将采用模仿者动态模型来研究电信业技术供应商和应用商的群体行为。

2 模仿者动态博弈模型

电信业技术变迁的过程可以看作是电信技术竞争市场用户(主要是电信运营商)的市场博弈过程。假设电信业是由两类企业组成的群体(系统),一类是电信技术的提供商,另一类是电信技术的应用商。市场上有两种技术——技术 A 和技术 B,市场中技术 A 是比技术 B 更好的技术(即技术 A 比技术 B 更有效率),这两种技术相互竞争市场份额。假设该市场中的企业两两随机配对进行模仿学习,在整个电信技术变迁的过程中占有市场份额少的企业将会改变自己的技术策略。在该群体中,技术供应商和技术应用商都有两种选择,即可选择技术 A 或技术 B,由此可建立一个博弈支付矩阵,如表 1 所示。

表 1 电信技术供应商和应用商的支付矩阵

	技术应用商(技术 A)	技术应用商(技术 B)
技术供应商(技术 A)	$a - \Delta A, c - a$	$- \Delta A, 0$
技术供应商(技术 B)	$- \Delta B, 0$	$b - \Delta B, d - b$

对于支付矩阵,本文假定 $a、c$ 为技术供应商和技术应用商都选择技术 A 时所得的收益; $b、d$ 为技术供应商和技术应用商都选择技术 B 时所得的收益; ΔA 和 ΔB 分别为技术 A、技术 B 的研发成本。因为 A 技术比技术 B 更好,所以有 $a > b、c > d、c > a、d > b$ 以及 $\Delta A > \Delta B$ 。为了确保各参数有意义,我们规定 $a, b, c, d, \Delta A, \Delta B$ 都大于 0。

假设 p 为电信技术供应商群体里选择技术 A 的供应商的比例,那么 $1 - p$ 就是选择技术 B 的供应商的比例;设 q 为电信技术应用商群体里选择技术 A 的应用商的比例,那么 $1 - q$ 表示选择技术 B 的应用商的比例。

记 $u_{s1}、u_{s2}$ 分别为电信技术供应商选择技术 A 和技术 B 的期望收益, $\bar{u}_s$ 为电信业技术供应商的平均收益。则有:

$$u_{s1} = q(a - \Delta A) - (1 - q)\Delta A = aq - \Delta A ; \tag{1}$$

$$u_{s2} = - q\Delta B + (1 - q)(b - \Delta B) = b(1 - q) - \Delta B ; \tag{2}$$

$$\bar{u}_s = pu_{s1} + (1 - p)u_{s2} = apq - p\Delta A + b(1 - p)(1 - q) + (1 - p)\Delta B . \tag{3}$$

则电信技术供应商群体的复制动态方程为：

$$\frac{dp}{dt} = p(u_{s1} - \bar{u}_s) = p(1 - p)[(a + b)q - b + \Delta B - \Delta A] . \tag{4}$$

记 u_{d1} 、 u_{d2} 分别为技术应用商选择技术 A 和技术 B 的期望收益， $\bar{u}_d$ 为技术应用商的平均收益。则有：

$$u_{d1} = p(c - a) - (1 - p) \times 0 = p(c - a) ; \tag{5}$$

$$u_{d2} = p \times 0 + (1 - p)(d - b) = (1 - p)(d - b) ; \tag{6}$$

$$\bar{u}_d = qu_{d1} + (1 - q)u_{d2} = pq(c - a) + (1 - p)(1 - q)(d - b) . \tag{7}$$

则电信技术应用商群体的复制动态方程为：

$$J = \begin{pmatrix} (1 - 2p)[(a + b)q - b + \Delta B - \Delta A] & p(1 - p)(a + b) \\ q(1 - q)(c - a) & (1 - 2q)[(c - a + d - b)p - d + b] \end{pmatrix} . \tag{9}$$

表 2 局部稳定分析结果

均衡点	J 的行列式(符号)	J 的迹(符号)	结果
$p = 0, q = 0$	$(\Delta B - \Delta A - b)(b - d) (+)$	$\Delta B - \Delta A - d (-)$	ESS
$p = 0, q = 1$	$(a - \Delta A + \Delta B)(d - b) (+)$	$a - \Delta A + \Delta B + d - b (+)$	不稳定
$p = 1, q = 0$	$(b - \Delta B + \Delta A)(c - a) (+)$	$b - \Delta B + \Delta A + c - a (+)$	不稳定
$p = 1, q = 1$	$(a - \Delta A + \Delta B)(c - a) (+)$	$\Delta A - \Delta B - c (-)$	ESS
$p = \frac{d - b}{c - a + d - b},$ $q = \frac{\Delta A - \Delta B + b}{a + b}$	0	0	鞍点

由表 2 可见,该系统的 5 个局部平衡点仅有 2 个是稳定的,是演化稳定策略(ESS),它们分别对应于技术供应商和技术应用商都选择技术 A 或都选择技术 B。另外,该系统还有 2 个不稳定平衡点以及 1 个鞍点。

用系统的相轨迹示意图描述电信技术的动态演化过程,见图 1。由 2 个不稳定平衡点 $E_2(0,1)$ 和 $E_3(1,0)$ 及鞍点 $E_5(\frac{d - b}{c - a + d - b}, \frac{\Delta A - \Delta B + b}{a + b})$ 连成的折线可以看成是系统收敛于不同状态的临界线。初始状态在该折线左下方的区域 G 内时,系统将收敛到 $E_1(0,0)$ 点,即电信技术供应商和技术应用商都选择技术 B。初始状态在该折线右上方的区域 H 内时,系统将收敛到 $E_4(1,1)$ 点,即电信技术供应商和技术应用商都选择技术 A。

可见,根据初始条件的不同,电信技术供应商和

$$\frac{dq}{dt} = q(u_{d1} - \bar{u}_d) = q(1 - q)[(c - a + d - b)p - d + b] . \tag{8}$$

于是,电信业技术转型的演化可用两个微分方程(4)和(8)组成的系统来描述。令 $dp/dt = 0$ 、 $dq/dt = 0$,则可得到系统的 5 个局部平衡点,分别是 $E_1(0,0)$ 、 $E_2(0,1)$ 、 $E_3(1,0)$ 、 $E_4(1,1)$ 和 $E_5(\frac{d - b}{c - a + d - b}, \frac{\Delta A - \Delta B + b}{a + b})$ 。

对于一个由微分方程系统描述的群体动态,其平衡点的稳定性可由该系统得到的雅可比矩阵(Jacobian Matrix)的局部稳定分析得到。对微分方程组(4)和(8)依次求关于 p 、 q 的偏导数,可得出上述系统的雅可比矩阵,见式(9)。

用雅可比矩阵来判断平衡点是否处于局部渐进稳定状态的方法是:当系统平衡点使得 $\det(J) > 0$ 且 $\text{tr}(J) < 0$ 时,平衡点就处于局部渐进稳定状态,那么它也就是演化均衡。所以,采用复制动态机制求系统演化稳定策略的条件也就是 $\det(J) > 0$ 且 $\text{tr}(J) < 0$ 。具体的分析结果如表 2 所示。

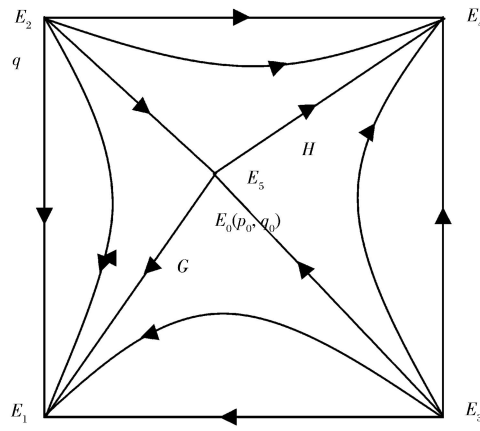


图 1 电信技术供应商和应用商的演化相图

技术应用商选择行为的长期演化结果会截然不同,一种是人们所期待的采用更有效率的技术 A,而另

一种是人们不愿看到的采用次优的技术 B。但是,这两种状态都是所谓的演化稳定状态,其中的参与者采取的都是演化稳定策略;而且,从理论上讲,在任何一个状态下,采用另一种行为策略的参与者都将在市场的“自然选择”之下消失^[11]。这说明,电信技术演化是具有正反馈机制的随机非线性动态系统,该系统一旦为某种偶然事件所影响(某一技术供应商或技术应用商率先提供或应该某一技术),就会沿着一条固定的轨迹或路径一直演化下去,即使有更好的替代方案,既定的路径也很难发生改变,即形成“技术锁定”。一种技术一旦首先发展起来、被投入应用并不断获得报酬递增,就会以一种良性循环效应使自己在市场上的地位不断强化,直至统治整个市场。

由于网络效应存在,电信技术应用商在使用新技术(即使该技术明显比原来的技术更有效)时会非常小心,害怕选择了失败者而被无价值的设备所困扰,所以在新技术采用的过程中往往伴随着对未来规模和其他电信技术应用商技术采用策略的预期。这种情况很容易导致新技术采用的滞后^[12]。

3 打破技术锁定的策略

前文的复制者动态博弈模型虽然很好地解释了电信技术变迁中多重均衡和次优技术形成“锁定”的原因,但要让技术供应商和技术应用商打破次优技术的“锁定”并不是一件容易的事情^[13]。

下面对模型的参数进行分析,讨论这些参数对电信技术供应商和技术应用商采取策略的影响。

如果假定电信技术供应商和技术应用商进行选择的初始条件 $E_0(p_0, q_0)$ 是随机的,并且均匀分布在平面区域 $D\{(p, q) | 0 \leq p, q \leq 1\}$ 内,如图 1 所示。那么,通过参数的调整使区域 G 的面积减小,而区域 H 的面积扩大,即点 E_5 向左下方移动,可使系统到达 $E_4(1, 1)$ 点的概率增加;换句话说,如果给定系统的初始条件在区域 G 中的某一点,那么参数调整的目标就是使 E_5 点移至该点的左下方,从而使给定的初始条件从区域 H 中跳到区域 G 中。这就是打破次优技术的“锁定”。

1) 对更有效率技术的研发提供补贴。

参数 ΔA 和 ΔB 分别为电信技术 A、B 的研发成本。当 ΔA 降低或 ΔB 提高时,点 E_5 的纵坐标减小,即点 E_5 向下方移动,区域 G 的面积减少,而区域 H 的面积扩大。反之,当 ΔA 提高或 ΔB 降低时,点 E_5 的纵坐标增加,即点 E_5 将向上方移动,区域 G 的面积扩大,而区域 H 的面积减少。这说明,如果对技术 A 的研发提供补贴,可使得技术 A 的研发成本降

低,进而使技术供应商提供技术 A 获得的收益增大,技术供应商选择技术 A 的倾向就增大,从而使打破次优技术 B 的“锁定”的可能增大。

2) 降低更有效率技术的交易费用。

参数 c 和 d 分别是技术应用商选择技术 A 和技术 B 时所获得的收益。当 c 提高或 d 降低时,点 E_5 的横坐标减小,即点 E_5 向左方移动,区域 G 的面积减少,而区域 H 的面积扩大;反之则反。这说明,如果降低技术 A 的交易费用,提高技术应用商采用技术 A 获得的收益,那么技术 A 替代技术 B 成为均衡结果的可能性会明显上升。

4 结论和启示

本文通过构造一个电信技术市场模仿者动态博弈模型考察了电信业技术变迁过程。研究结果显示,在电信技术变迁的过程中确实存在多重均衡的问题,演化动态的最终结果是技术竞争中某种技术要么完全占领市场,要么市场占有率为零,最终哪种技术取得优势地位受初始状态、技术研发费用、技术应用前景等影响。因此,在电信技术变迁的过程中,既可能出现非效率技术“锁定”的结果,也可能出现非效率技术被更有效率的技术取代的结果,这就说明那些在电信业占垄断地位的企业有可能把低效的技术强加给其消费者。如果相关行业和市场持续锁定这些低效的选择,那么整个市场效率将会受到损害,因而政府在促进电信技术演化方面必须有所作为。政府要采取对更有效率的技术的研发提供补贴、降低更有效率的技术的交易费用等措施,促使更有效率的技术被更多的运营商采用,从而逐步取代次优技术。

参考文献

- [1] 贾根良. 演化经济学—经济学革命的策源地[M]. 太原:山西人民出版社,2004.
- [2] 纳尔逊,温特. 经济变迁的演化理论[M]. 北京:商务印书馆,1997.
- [3] 杨勇华. 技术变迁演化理论研究述评[J]. 经济学家,2008(1):18-24.
- [4] ROHLFS J A. Theory of interdependent demand for a communications service[J]. Bell Journal of Economics, 1974(2):23-24.
- [5] KATZ M L, SHAPIRO C. Network externalities, competition, and compatibility[J]. American Economic Review, 1985(3):424-440.
- [6] LEWONTIN R C. Evolution and the theory of games[J]. Journal of Theoretical Biology, 1960(1):382-403.
- [7] WEIBULL J. Evolutionary Game theory[M]. Cambridge: MIT Press,1995.
- [8] BÖRGERS T, SARIN R. Learning through reinforcement

- and replicator dynamics[J]. Journal of Economic Theory, 1997(77): 1-14.
- [9] TAYLOR P D, JONKER L B. Evolutionarily stable strategy and game dynamics[J]. Math Biosci, 1978(40): 145-156.
- [10] 张良桥. 进化博弈基本动态理论[J]. 中国经济评论, 2003(5): 58-66.
- [11] 单汨源, 江黎明, 吴炜炜. 供应商与零售商的动态非对称演化博弈商业研究[J]. 2008(7): 9-12.
- [12] 王岚. 运营商对新技术采用延迟现象的研究[J]. 北京邮电大学学报: 社会科学版, 2008(5): 48-51.
- [13] 姜晨, 刘汉民, 谢富纪. 技术变迁路径依赖的演化博弈分析[J]. 上海交通大学学报, 2007(12): 2012-2016.

Evolutionary Game Analysis on Technology Transition in Telecommunication Industry

Tian Yu^{1,2}, Ma Qin Hai¹

(1. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China;
2. China United Network Corporation Limited, Shenyang Branch, Shenyang 110004, China)

Abstract: This paper sets up a replicator dynamics game model to explore the technology transition in telecommunication industry. The result shows that: there are two possible results in the process of technology change, and the first one is that the inefficient technology which causes lock-in is adopted by market, and the other one is that more efficient technology replaces the inefficient technology; technology locked-in can be broken under some circumstances. The government could make the technology change for the better through providing the R & D subsidy or reducing the trade cost for more efficient technologies.

Key words: telecommunication industry; technology transition; evolutionary game; technology locked-in

(上接第 33 页)

- [36] HELFAT C E, Peteraf M A. The dynamic resource-based view: capability lifecycle[J]. Strategic Management Journal. 2003, 24: 997-1010.
- [37] COLLIS D J. Research note: how valuable are organizational capabilities? [J]. Strategic Management Journal. 1994, 15: 143-152.
- [38] 周玉泉, 李垣. 组织学习、能力与创新方式选择关系研究[J]. 科学学研究, 2005(4): 525-530.
- [39] CALLON M, LARED P, RABEHARISOA V. The management and evaluation of technological programs and the dynamics of techno-economic networks: the case of the AFME[J]. Research Policy, 1992, 21: 215-236.
- [40] DU G P, HALL S, JANES L, et al. Doing Cultural Studies: The Story of The Sony Walkman [M]. London: Sage Publications, 1997.
- [41] FREEMAN C, PEREZ C. Structural crisis of adjustment, business cycles and investment behaviour [M]// DOSI G, FREEMAN C, NELSON R, et al. Technical Change and Economic Theory, London: Pinter, 1988: 38-66.
- [42] LYNN G, MORONE J, PAULSON A. Marketing discontinuities innovation: the probe and learn process[J]. California Management Review, 1996, 38: 8-37.
- [43] LUNDVALL B A. Innovation As An Interactive Process: From User-producer Interaction to The National System of Innovation [M]. London: Pinter, 1988.
- [44] FOSTER R N. Innovation: the Attacker's Advantage [M]. New York: Summit Books, 1986.
- [45] 约翰·布朗, 保罗·杜吉德. 地区之谜: 硅谷的知识能动性 [M]// 李钟文, 威廉·米勒, 等. 硅谷优势——创新与创业精神的栖息地. 北京: 人民出版社, 2002.
- [46] 赵明剑, 司春林. 基于突破性技术创新的技术跨越机会窗口研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2004(5): 54-59.
- [47] 赵树宽, 李艳华, 姜红. 产业创新系统效应测度模型研究[J]. 吉林大学社会科学学报, 2006(5): 131-136.

Holistic Analysis Framework on Co-evolution of Emerging Technology: Study on Co-evolution Mechanism with Multi-element and Multi-level

Wang Min, Yin Lu

(School of Management and Economics, University of Electronics Science and Technology, Chengdu 610054, China)

Abstract: This paper studies the co-evolution mechanism between technology, firm's capability, market demand and supporting environment and emerging technology, and builds a co-evolution conceptual model with multi-level and multi-element. Based on this model, it tries to provide a holistic analysis framework to disclose the characteristics of the evolution process of emerging technologies from multi-perspective.

Key words: emerging technology; co-evolution; capability of firm; market demand; supporting environment