

文章编号: 1003-207(2006)05-0143-06

基于生态学的通讯设备制造业的技术 创新种群演化分析

黄鲁成¹, 张红彩²

(1. 华中科技大学管理学院, 武汉 430074; 2. 北京工业大学经济与管理学院, 北京 100022)

摘要:技术创新群是指行业内技术创新主体的集合。分析技术创新种群行为主要是研究行业内技术创新种群量的变化规律, 以及行业内不同技术创新种群之间的演化关系。本文应用生态学的种群理论与分析方法, 探讨了研究这一问题的方法, 并进行了实例验证。

关键词:技术创新种群; 生态学; 演化

中图分类号: F207; Q14 **文献标识码:** A

1 引言

行业技术创新的研究是技术创新研究中的一个重要领域, 但关于行业技术创新的研究成果比较少, 目前的研究主要具有以下两个特点: 在研究内容上, 主要集中在行业技术创新效率的评价上, 集中在行业技术创新制度、体制与对策研究上。如“北京制造业行业的技术创新效率评价”^[1]、“北京制造业技术创新资源的配置效率分析”^[2]、“竞争、所有权与中国工业行业技术创新效率”^[3]、“广东省 IT 行业技术创新的投入与产出分析”^[4]、“中国工业行业技术创新效率的实证研究(1990-1999)”^[5]、“福建省重点行业技术创新相对有效性分析”^[6]、“构筑中国汽车行业技术创新平台的设想”^[7]、“合成材料产业技术创新障碍及对策分析”^[8]、“基于 DEA 模型的制造业技术创新资源配置效率分析”^[9]、“电信行业的技术创新与动态管制”^[10]、“我国硬质合金行业技术创新体制的研究”^[11]。在研究方法上, 主要使用常规的评价方法和定性研究方法。

目前行业技术创新研究存在的主要不足是: 对行业技术创新规律研究的不够, 如行业技术创新主体数量及创新成果之间相互影响及演化规律尚无人进行研究; 在研究方法上缺乏使用交叉学科方法, 而目前的研究方法很难确定“创新主体数量间”、“创新

成果数量间”的演化规律。正是基于这样一种研究状况, 本文以研究行业技术创新“数量间”演化规律为切入点, 以生态学理论与方法阐述其中的规律性。

应用生态学理论方法研究社会经济问题早以有之, 但应用这一理论与方法研究通讯设备制造业技术创新主体及成果演化规律的还未见到: 我们曾在 2003 年提出了运用生态学理论与方法研究技术创新的一些思路^[12], 上个世纪 70 年代也有人应用种群 logistic 增长规律研究技术进步问题,^[13] Esben Sloth Andersen 曾用 logistic 模型的差分形式分析了铁路作为一种新的交通运输技术的应用发展过程,^[14] Murray B. Low 等人还研究了企业种群的起源和企业个体在企业种群演化的不同阶段进入企业种群的问题^[15], Joel A. C. Baum 研究了电信服务业的主导设计与种群动态变化^[16], 李文华分别应用“种群”的概念研究了电冰箱行业的企业数量的变化情况^[17]、计算机软件企业和计算机硬件企业数量的协同演化问题^[18]。P. A. Geroski 应用种群概念研究了产业种群内企业数量的变化^[19]。

我们将在上述研究成果的基础上, 应用生态学中的种群 Logistic 增长规律, 分析技术创新种群(技术创新主体与技术创新成果)的演化规律。关于运用生态学理论与方法研究技术创新的科学性与可行性我们已有论述^[12], 而应用种群概念及种群增长模型研究本文的主题, 则是一种新尝试。目前尚未见到研究本文主题的成果及研究方法。本文作为引玉之砖, 我们期待着有更好成果的出现。

收稿日期: 2005-11-07; 修订日期: 2006-09-08

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(04BJY090)

作者简介: 黄鲁成(1956-), 男(汉族), 河北徐水人, 华中科技大学管理学院博士生, 研究方向: 技术创新。

2 主要概念与基本假设

主要概念 技术创新种群是指行业内技术创新主体的集合,如所有的研发机构构成一个特定的技术创新集合。因此在分析技术创新种群时,研发机构就构成一个“种群”。某一行业内所有技术创新主体也构成一个“种群”,如制造业内所有技术创新主体构成一个“种群”,而采掘内所有技术创新主体构成另外一个“种群”;而在制造业内又有许多不同的子行业,每一个子行业内的技术创新主体又构成一个“亚种群”。

技术创新种群的活动既包括技术创新种群内的活动,也包括技术创新种群间的活动,这两种技术创新活动是相对的,即同一技术创新种群活动依参照对象不同,既可以是技术创新种群内的活动,也可以是技术创新种群间的活动。如通讯设备制造业分为通讯终端设备制造业和通讯传输设备制造业等,因此通讯终端设备制造业技术创新活动与通讯传输设备制造业技术创新活动就属于“技术创新种群间活动”;另一方面,当分析通讯设备制造业技术创新活动时,这两个技术创新活动又同属于通讯设备制造业这个层次的“技术创新种群内活动”。

问题界定 分析技术创新种群演化规律,一是分析技术创新种群数量的变化规律,阐述“技术创新种群”所属行业的技术创新状况,诸如行业所处的创新发展阶段、创新的潜力与收益、创新的竞争特点;二是分析技术创新种群间数量的相互影响规律;三是分析技术创新种群间成果之间的相互影响规律。

基本假设如前所述,我们将应用生态学中的种群 Logistic 增长规律,分析技术创新种群数量与质量的演化规律。而“种群 Logistic 增长规律”是在一些假设条件下才成立的,因此我们要做出如下假设:

①本文以分析高新技术产业为背景,所以行业内的企业数量就是技术创新种群的数量。②技术创新种群数量的增加,仅与行业的技术性能改进潜力、创新收益有关,即当行业为新兴行业时,行业技术性能提高的潜力比较大,从事技术创新活动获得的收益较大,技术创新种群数量将不断增加。③当技术创新种群继续增多时,行业技术性能提高的潜力将逐渐降低,竞争使技术创新活动收益逐渐降低,因而技术创新种群数量的增加将逐渐缓慢。④当行业的技术创新边际收益等于边际成本后,技术创新种群数量将不再增加,此时技术创新种群数量有一个最大值 K。⑤技术创新种群数量的变化与其中个体的年龄

无关,即最早与最近出现的技术创新个体对技术创新种群数量的影响是一样的。

3 技术创新种群内的数量变化及相关问题分析

3.1 分析模型

根据 Logistic 模型的差分形式^[11]:

$$N(t+1) = N(t)\{1 + r_1[1 - N(t)/K]\} \tag{1}$$

将(1)变为更具一般性的回归模型,则有(2)式:

$$\Delta N(t) = r_0 + r_1 * N(t-1) + r_2 N^2(t-1) + \varepsilon(t) \tag{2}$$

现对模型(2)做如下说明: $\Delta N(t)$ 是 t 时技术创新种群增减量, $N(t-1)$ 是时刻 $(t-1)$ 的技术创新种群数量; r_1 是待回归系数,它表示在没有任何限制的情况下,技术创新种群数量的增长率; r_2 也是待回归系数,它表示随着技术创新种群数量的不断增加,竞争加剧而产生的抑制作用,因而也称为密度制约系数(或称内部竞争系数)。

式中两个待回归系数具有重要意义: ①当 $r_1 > 0, r_2 = 0$ 时,表明在行业内不存在竞争,技术创新种群数量以 r_1 的速度增加;此时也表明该行业处于快速发展阶段,技术创新潜力和收益都很大。②当 $r_1 > 0, r_2 < 0$ 时,一方面表明技术创新种群仍在增加,另一方面竞争产生的抑制作用开始显现,行业的发展速度开始减缓。③当 $r_1 < 0, r_2 = 0$ 时,虽然行业内不存在竞争,但由于技术性能改进的潜力和技术创新的收益将不存在,因此技术创新种群在以 r_1 速度退出。④当 $r_1 > 0, r_2 > 0$ 时,这种情况不存在,因为这与密度制约的假设不一致。

3.2 实例分析

下面我们以高技术产业中通讯设备制造业为分析对象,采用上述方法,对技术创新种群数量的变化趋势、行业技术创新潜力、行业技术创新竞争状况及创新收益进行分析。我们收集了 1990-2003 各年的通信设备制造业新增企业数,具体数据见表 1:

表 1 1990-2003 年的新增企业数据

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
通信设备制造业	61	65	198	307	235	282	265
年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
通信设备制造业	326	485	489	646	776	819	642

(数据来源:易拜数据)

根据表 1,采用 SPSS12.0 统计分析软件对模型(2)作回归分析,结果如表 2 所示:

表2 模型回归结果

模型类型	R^2	F 值	显著水平	r_0	r_1	r_2
模型(6)	0.862	34.235	0.000	77.880	0.304	-3.81E-05

其中 r_1 、 r_2 的 t 统计检验都通过, 而 R^2 大于 0.8, 可以认为整个模型的回归效果很理想。由以上的关系式可以得到 $r_1 = 0.304$, $r_2 = -3.81E-05$ 。这意味着我国通讯设备制造业, 还远没有发展到内部存在激烈竞争的状态, 技术创新种群数量以 r_1 的速度增加; 此时也表明该行业处于快速发展阶段, 技术创新潜力和收益潜力都很大。

4 技术创新种群数量间的相互影响

为确立分析种技术创新种群数量间相互影响的模型, 我们根据生态学从 Logistic 模型基础上推导 Lotka-Volterra 模型的思路, 首先推导出描述两技术创新种群之间相互影响的回归模型, 然后以通讯设备制造业为背景, 进行实例计算分析, 从而证明方法的可行性, 并分析通讯设备制造业技术创新活动的整体状况。

4.1 确立分析模型

Logistic 模型见式(3):

$$dN/dt = rN(1 - N/K) \quad (3)$$

根据生态学理论, r 是在没有任何限制条件下, 种群的增长率; N 为种群的数量, K 为环境容纳量; 对 $(1 - N/K)$ 项可作如下分析: ①如果种群数量 N 趋于零, 那么 $(1 - N/K)$ 项就逼近于 1, 表示几乎全部空间未被利用, 种群接近于指数增长, 或种群潜在的最大增长能力充分地实现。②如果 N 趋于 K , 则 $(1 - N/K)$ 逼近零, 表示空间几乎全部被利用, 种群增长的最大潜在能力不能实现。③当种群数量 N 由零逐渐增加到 K 值, $(1 - N/K)$ 则由 1 逐渐下降为零, 表示种群增长的“剩余空间”逐渐缩小, 种群最大潜能实现的程度逐渐降低, 且种群数量每增加 1 个个体, 抑制效应就增加 $1/K$, 这种抑制效应又称拥挤效应。

现根据生态学从 Logistic 模型基础上推导 Lotka-Volterra 模型的思路, 设计推导描述两技术创新种群之间相互影响的回归模型。

现考虑同一行业内两个技术创新种群: 一个是种群 1, 另一个是种群 2 (这两个种群以同一个行业为背景的, 只不过他们又分属不同的两个子行业。如通讯设备制造业下属的通讯传输设备制造业——行业 1, 行业 1 内的所有技术创新个体构成了技术

创新种群 1; 通讯终端设备制造业——行业 2, 行业 2 内的所有技术创新个体构成了技术创新种群 2), 则可以用 Logistic 方程分别描述两个种群的增长:

$$dN_1/dt = r_1 N_1 (1 - N_1/K_1) \quad (\text{种群 1 的 Logistic 增长模型}) \quad (4)$$

$$dN_2/dt = r_2 N_2 (1 - N_2/K_2) \quad (\text{种群 2 的 Logistic 增长模型}) \quad (5)$$

r_1 、 r_2 分别是种群 1 和种群 2 各自的增长率, 即在没有任何限制条件下, 两个行业内技术创新种群的增长率; N_1 和 N_2 分别为种群 1 与种群 2 的数量, 即两个行业内技术创新种群各自的总量; K_1 和 K_2 为种群 1 与种群 2 的环境容纳量, 即各自行业容许存在的技术创新种群最大量。

$(1 - N_1/K_1)$ 项的意义是, 在行业 1 内, 种群 1 尚未利用的创新资源, 这些创新资源可保证行业 1 内技术创新种群(种群 1)继续增长。对 $(1 - N_1/K_1)$ 项可作如下动态分析: ①如果种群 1 的数量 N_1 趋于零, 那么 $(1 - N_1/K_1)$ 项就逼近于 1, 表示创新资源未被利用, 种群 1 接近于指数增长。②如果 N_1 趋于 K_1 , 则 $(1 - N_1/K_1)$ 逼近零, 表示创新资源几乎全部被利用, 种群 1 增长趋于 0。③当种群 1 数量 N_1 由零逐渐增加到 K_1 值, $(1 - N_1/K_1)$ 则由 1 逐渐下降为零, 表示种群 1 增长的“剩余资源”逐渐缩小, 且种群 1 的数量每增加 1 个个体, 抑制效应就增加 $1/K_1$ 。同理, 也可以对 (5) 做类似的分析。

如果这两个种群是彼此相互作用的 (如通讯设备制造业下属的通讯传输设备制造业与通讯终端设备制造业就是相互影响的)。那么我们可以将种群 2 对种群 1 的影响用影响系数 a_{12} 表示, 其含义是每增加种群 2 一个个体, 种群 1 的主体总量将发生多大的变化; 反之也存在种群 1 对种群 2 的影响系数 a_{21} ; 故有 (6) 和 (7):

$$N_1 = a_{12} N_2 \quad (6)$$

$$N_2 = a_{21} N_1 \quad (7)$$

在创新资源一定的情况下, 增加种群 2 一个个体, 将会导致减少 a_{12} 数量的 N_1 ; 增加种群 1 一个个体, 将会导致减少 a_{21} 数量的 N_2 ; 我们就可以写出种群 1 在有种群 2 的影响下的数量变化模型 (8) 和种群 2 在有种群 1 影响下的数量变化模型 (9):

$$dN_1/dt = r_1 N_1 (1 - N_1/K_1 - a_{12} N_2/K_1) \quad (8)$$

$$dN_2/dt = r_2 N_2 (1 - N_2/K_2 - a_{21} N_1/K_2) \quad (9)$$

由此可以得到到差分形式:

$$N_1(t+1) = N_1 [1 + r_1 [1 - (N_1/K_1 + a_{12} N_2/K_1)]]$$

$$N_2/K_1) \} \} \quad (10)$$

$$N_2, (t+1) = N_2 \{ 1 + r_2 [1 - (N_2/K_2 + a_{21} N_1/K_2)] \} \quad (11)$$

将(7)代入(11)得到:

$$\Delta N_1, (t) = r_1 N_1 - (r_1 N_1^2 / K_1 + r_1 N_1 a_{12} N_2 / K_1)$$

$$= r_1 a_{12} N_2 - 2 r_1 a_{12} N_1^2 / K_1$$

令 $\rho_1 = r_1 a_{12}$, $\rho_2 = -2 r_1 a_{12} / K_1$, 则有:

$$\Delta N_1, (t) = \rho_1 N_2 + \rho_2 N_1^2 \quad (12)$$

由此得到更具一般性的回归模型(13)

$$\Delta N_1(t) = \rho_0 + \rho_1 N_2 + \rho_2 N_1^2 + \varepsilon(t) \quad (13)$$

由(13)可知, 当 ρ_1, ρ_2 均大于 0 时, N_2 增加, N_1 也增加, 即种群 1 与种群 2 存在协同演化关系。当 $\rho_1 > 0, \rho_2 < 0$ 时, 且 $|\rho_1| < |\rho_2|$, 则 N_2 增加, N_1 将减少, 即群 1 与种群 2 主要存在相互竞争关系; 若 $\rho_1 > 0, \rho_2 < 0$ 时, 而 $|\rho_1| > |\rho_2|$, 则 N_2 增加, N_1 也将增加, 即种群 1 与种群 2 存在以协同演化为主的关系; 若 $\rho_1 < 0, \rho_2 < 0$ 时, 则 N_2 增加, 必有 N_1 减少, 即种群 2 替代种群 1 的关系。

4.2 实例分析

我们收集了 1990-2003 各年的通信设备制造业内部传输设备制造业的新增企业数(技术创新种群 1)和终端设备制造业的新增企业数(技术创新种群 2), 具体数据见表 3。利用表 3, 采用 SPSS12.0 可以得到模型(13)中的相关数据, 从而得到表 4。

表 3 1990-2003 年的新增企业数据

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
传输设备制造业	14	15	33	52	30	41	46
通信终端制造业	18	9	4763	61	62	66	
年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
传输设备制造业	64	90	77	93	116	134	84
通信终端制造业	59	88	101	157	174	104	106

(数据来源: 易拜数据)

表 4 模型回归结果

R ²	F 值	显著水平	ρ_0	ρ_1	ρ_2
0.997	2255.785	0.000	8.228	0.699	8.530E-5

从上表可以得出模型(13)的判定系数 R^2 大于 0.5, 且 F 检验均为显著, 回归模型存在。

由于 ρ_1, ρ_2 均大于 0, 故种群 1 与种群 2 存在协同演化关系, 种群之间几乎不存在竞争。由于 $R^2 = 0.997$, 且 F 检验是显著的, 故两个种群密度的变化也是同步的, 只是种群变化的时间有所差异。这说明, 我国现阶段通讯传输设备制造业技术创新种群数量与通讯终端设备制造业技术创新种群数量之间存在协同演化关系, 即传输设备制造业内技术创新种群数量的增加, 终端设备制造业内技术创新种群也将增加。这一关系可以通过两种群的密度演化曲线得到直观反映(见图一)。

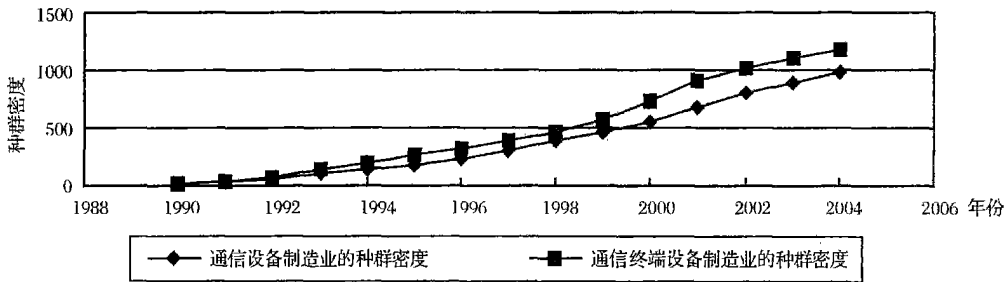


图 1 通信传输设备与终端设备企业种群密度的协同演化

5 技术创新种群成果间的相互影响

为了分析技术创新种群成果间的相互影响, 我们以通讯设备制造业中传输设备制造业技术创新种群获得专利数、通讯设备制造业中终端设备制造业技术创新种群获得专利数为分析背景, 考查技术创新种群成果间的相互影响。为此, 我们采用模型(13)。在作回归运算前, 我们收集了我国电子及通信设备制造业 1995-2003 各年通信传输设备制造业专利申请数(种群 1——Y1)及通信终端设备制造业的专利申请数(种群 2——Y2)。其中, 1996 年数

据通过相邻两年的平均值得到, 具体数据见表 5。利用表 5 中的数据, 采用 SPSS12.0 可以得到(13)模型中相关数据, 见表 6 所示。

表 5 1995-2003 年电子及通信设备制造业和通信设备制造的专利申请数

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Y1	38	75	111	211	408	570	969	1880	2621
Y2	10	8	7	13	19	29	28	53	432

(数据来源: 中国科技统计年鉴 2003、2004)

表 6 模型回归结果

R ²	F 值	显著水平	ρ_0	ρ_1	ρ_2
0.972	103.372	0.000	-236.818	13.451	-0.014

从上表可知: 模型(13)的判定系数 R^2 远大于 0.5, 且 F 检验显著, 所以回归效果有效, 回归模型存在。

由于 $\rho_1 > 0$, $\rho_2 < 0$, 而 $|\rho_1| \gg |\rho_2|$, 这表明通讯终端设备制造业专利种群与通讯服务设备制造业

专利种群的关系, 主要表现为一种协同进化的关系, 即两个行业内的技术改进是相互促进的, 且两个种群密度的变化也是同步的, 只是种群出现的时间有所差异。这种关系可以由图2得到直观反映。

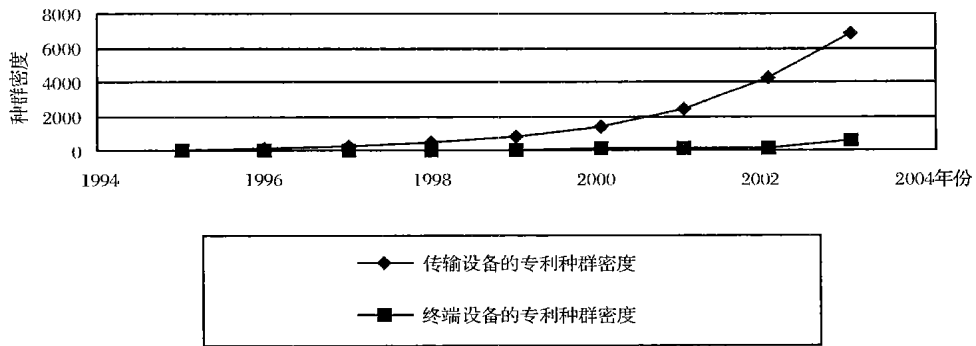


图2 通信传输设备与终端设备专利种群密度的协同演化

6 结语

分析行业技术创新整体状况, 应主要分析如下内容: 一是行业内技术创新种群量的变化规律, 以及由此反映的行业整体发展阶段、竞争状况和技术改进潜力; 二是两个相关行业技术创新种群量之间的相互影响; 三是两个相关行业技术创新成果之间的相互关系。在缺乏分析方法的情况下, 运用生态学理论与方法是一中比较好的选择。

另外, 应用通讯设备制造业的相关数据, 通过分析我国通讯设备制造业技术创新的整体状态, 我们也有如下启示: (1) 通讯设备制造业总体上处于技术创新的发展阶段, 技术改进的潜力很大。依据技术发展的S曲线理论, 相对于其他阶段而言, 此时的投入可以带来较大的技术改进, 企业进入该行业是一种战略选择; 但另一方面, 正是由于大量企业的进入, 这也导致行业内竞争加剧, 加之该行业本身是技术主导型的, 因此, 只有那些具有较高技术创新能力的企业进入该行业才是可行的。(2) 面对技术改进潜力大、竞争激烈的行业特性, 政府的支持通讯设备制造业发展的同时, 要特别规范行业竞争秩序。(3) 由于通讯传输设备制造业技术创新主体和通讯终端设备制造业技术创新主体、以及相对应的技术创新成果, 正处于协同演化的阶段, 任一方的健康发展均有助于另一方的发展, 因此促进整个行业的技术创新, 应从各子行业入手。

参考文献:

[1] 黄鲁成, 张红彩. 北京制造业行业的技术创新效率评价

[J]. 研究与发展管理, 2006, (3): 54-59.

- [2] 冯田丰, 刘冬. 北京制造业技术创新资源的配置效率分析[J]. 商场现代化, 2005, 27: 8.
- [3] 唐要家, 唐春晖. 竞争、所有权与中国工业行业技术创新效率[J]. 上海经济研究, 2004, (6): 13-20.
- [4] 罗艳. 广东省IT行业技术创新的投入与产出分析[J]. 广东科技, 2003, (10): 30-33.
- [5] 王伟光. 中国工业行业技术创新效率的实证研究(1990-1999)[J]. 沈阳师范大学学报(社会科学版), 2003, (1): 57-63.
- [6] 金玲娣. 福建省重点行业技术创新相对有效性分析[J]. 科学管理研究, 2000, (5): 75-79.
- [7] 胡树华, 汪秀婷, 管顺丰. 构筑中国汽车行业技术创新平台的设想[J]. 汽车工业研究, 2002, (11): 3-7.
- [8] 李立. 合成材料产业技术创新障碍及对策分析[J]. 科学与管理, 2000, (1): 27-30.
- [9] 李双杰, 王海燕, 刘韧. 基于DEA模型的制造业技术创新资源配置效率分析[J]. 工业技术经济, 2006, (3): 112-116.
- [10] 张秀丽. 电信行业的技术创新与动态管制[J]. 商业经济, 2005, (9): 102-104.
- [11] 胡新平, 胡振华. 我国硬质合金行业技术创新体制的研究[J]. 硬质合金, 2004, (3): 190-195.
- [12] 黄鲁成. 区域技术创新系统研究: 生态学的思考[J]. 科学学研究, 2003, (4): 215-219.
- [13] Praveen Asthana. Jumping the technology S-curve[J]. IEEE Spectrum, June 1995.
- [14] Esben Sloth Andersen. Railroadization as Schumpeter's Standard Example of Capitalist Evolution: An Evolutionary-Ecological Interpretation[C]. Paper for the Workshop on the History of Evolutionary Thought in Economics,

- 1999, 8.
- [15] Murray B. Low, Eric Abrahamson. Movements, Bandwagons, and Clones: Industry Evolution and the Entrepreneurial Process [J]. Journal of Business Venturing, 1997, 12: 435– 457.
- [16] Joel A. C. Baum, Helaine. J. Korn, Suresh Kotha. Dominant Designs and Population Dynamics in Telecommunication Services: Founding and Failure of Facsimile Transmission Service Organizations, 1965 – 1992 [J]. Social Science Research, 1995, 24: 97– 135.
- [17] 李文华. 电冰箱行业种群演化规律与实证研究[J]. 技术经济与管理研究, 2004, (6): 63– 65.
- [18] 李文华, 韩福荣. 企业种群间协同演化的规律与实证研究[J]. 中国管理科学, 2004, 12(5): 137– 143.
- [19] P. A. Geroski, K. Mazzucato. Modeling the dynamics of industry populations [J]. International Journal of Industrial Organization, 2001, 19: 1003– 1022.
- [20] 郑师章等. 普通生态学[M]. 复旦大学出版社, 2000: 340.

Research on the Technological Innovation Population Evolution Based on Ecology

HUANG Lu-cheng¹ ZHANG Hong-cai²

(1. School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Economics and Management School, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: The technological innovation population is the set of technological innovation organizations in the industry. Based on the ecology, the paper analysis the process of technological innovation population evolution in the communication manufacturing industry.

Key words: technological innovation; population ecology; evolution