

# 区域产业系统的演化机制和优化控制<sup>1)</sup>

朱永达, 张 涛, 李炳军

(河南农业大学, 郑州 450002)

**摘要:**在简要回顾国内外学者对产业结构演化规律研究成果的基础上,提出:跳出“就结构论结构”的误区,从研究产业系统演化规律入手,在更深层次上探寻产业结构演化的内在机制,运用自组织理论的哈肯模型,建立起产业系统演化方程,通过以郑州为例的实证分析,定量地论证了反映创新和科技进步的劳动生产率是产业系统演化的序参量,对方程中的4个参数作了灵敏度排序,针对郑州实际作模拟运算,给出了9个方案,分析不同方案的实施条件,提出了已被证明是有效的政策建议。

**关键词:**产业结构; 产业系统; 自组织理论; 演化方程

**中图分类号:** F224.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-9807(2004)06-0073-06

## 0 引言

经济发展是一个国家一个区域的经济向有序、健康的方向变化的过程,在这一过程中,不仅包含着整个国家的经济总量及人均产量的增长,而且包含着以生产、就业、需求、技术、贸易、投资等内容的经济结构的变化,在更广泛的意义上,还包含着社会及政治制度结构的变化,总之,经济发展的过程,是经济系统总量增长、结构演进及制度不断创新的进程,以产业结构为中心的经济结构的演进,是现代经济增长和发展的基本特征和内容,这是因为:首先,经济增长过程中,人均GDP不断提高,人们的消费层次也随之提高,消费结构的变化必然导致产业结构的变化;其次,由于历史的、自然的、文化的、政治的多种原因,使世界各国经济发展水平呈现很大的差别(在一个国家的不同区域同样如此),随着现代通讯、运输的发展,全球经济一体化进程的加速,国际贸易在各国经济发展中的作用日益增强,为增强自身的国际竞争力,各国产业结构必然要适应进出口的变化而变化;第三,现代科学技术的发展,知识创新、技术创

新、制度创新在各产业之间的不均衡发展,因而在一定时期内,总是有某些产业(行业)优先发展,成为带动其它产业(行业)前进的主导产业,也总是有些夕阳产业(行业)在竞争中衰退,乃至退出,从而引起产业结构的变化,总之,经济增长和发展伴随着产业结构的变动,产业结构的变动构成经济增长和发展的生动的内涵,产业结构演化规律则是各国制定经济发展战略的依据,因此,研究产业结构演化机制,探索产业结构演化规律,理所当然地成了现代经济发展研究领域的热点和重点,西方经济学家根据资本主义发达国家经济发展进程中产业结构变动的实际情况,总结得出了霍夫曼比例、配第—克拉克定律、库兹涅茨法则、钱纳里标准结构、赤松的“雁行状态”及筱原三代平的“动态比较费用论”等一系列有价值的结论,此外, Sasaki 在《日本的组织管理与产业结构》一书中介绍了日本产业结构变化过程中组织管理的作用<sup>[1]</sup>, Kennedy 从产业结构和资本市场入手讨论了英国经济衰退的起因<sup>[2]</sup>, 改革开放以来,我国经济学者也展开了这方面的研究,出版、发表了许多有价值的专著和论文,如刘志彪的《产业经济管理

1) 收稿日期:1999-11-12,修订日期:2004-03-21。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(73670020)。

作者简介:朱永达(1937—),男,浙江海盐人,教授。

学,张薰领的《经济发展与产业结构》,周淑莲、裴叔平的《中国产业政策研究》,石磊的《中国产业结构成因与转换》,朱明春的《产业结构·机制·政策》,李江帆的《产业结构发展规律的定量分析》,周振华的《产业政策的经济理论系统研究》及《现代经济增长中的结构效应》等,这些研究集中在对影响产业结构变动因素的分析和对产业结构演化机制的探讨。

总之,国内外对产业结构的研究基本上是以一个国家为对象,采用经济分析法、比较分析法,从不同角度研究产业结构宏观形态的演化过程特征,局限于经验或半经验地解释各种现象,有的虽也涉及原因,但多属因素的关联分析,已有的有关产业结构演化机制的研究也由于只是就结构论结构,而未能在产业结构演化机制和演化动力上有所突破。我们认为产业结构的变动是受产业系统演化规律支配的,必须从这个更深层次上弄清产业系统演化的机制,找出规律性的东西,弄清楚为什么在一定条件下有些产业从无到有,从小到大,成为主宰经济发展的主导产业群,而另一些产业由大变小,由强变弱,退居次要地位,乃至退出舞台,才能更好地把握产业结构的演化方向,促进经济的发展。此外,对中国这样的大国,地域辽阔,区域经济发展差异很大,加之,当前不同区域产业结构“趋同”现象十分突出,因此,从“区域”角度来研究产业结构演化,更具有现实指导意义,本文限于篇幅,只是在实证分析时,通过取用区域经济的数据来研究,而稍有涉及,有关区域经济方面更深入的探讨将另作专论。

## 1 区域产业系统演化是产业的创新和重组过程<sup>[4-5]</sup>

一个区域的产业系统从一种结构演化为另一种结构,意味着产业系统中各产业部门之间比例关系的变化,当然也包含某些新兴产业的进入和某些衰落产业的退出,总之,这是各产业部门在一定外部环境条件下的创新和重组过程,这个过程的动力来自两个方面,其一是产业系统内部各产业部门竞争与协同的结果,那些能适应外部环境(包括自然、社会、市场、政策等,下同)的产业迅猛

发展,比重增加,前向、后向、横向关联的产业随之发展,协同作用下形成更强大的竞争力,逐渐成为产业系统中的主导产业群,而那些不能适应外部环境的产业,则在竞争中被削弱,退居次要地位,甚至被淘汰,与原有主导产业群相关联的产业,有的继续维持原有关系,有的加强,有的削弱,有的会进入新的主导产业群,有的会被淘汰,当我们进一步深究其原因时,就会发现那些在竞争中存在下来,甚而发展壮大起来的产业都是创新能力强,科技进步快的产业,这里既包括产品结构、材料、工艺、设备等方面的创新与进步,还包括组织、管理、经营、服务等方面的创新与进步,当然还应包括经营者与劳动者素质的提高,这种创新与进步集中表现为产业劳动生产率的不断增长,因此劳动生产率成为我们首先关注的变量。此外,由于技术的进步、设备的更新、制度的创新、经营者与劳动者素质的提高都要有相应的资本投入,所以投资率就成为我们关注的另一个重要变量,这两个变量基本上反映了一个产业增长发展中知识和技术、资本、劳力这三个主要要素的变化,应当指出,现实经济系统是非常复杂的,影响系统演化方向的变量会很多,在演化的临界点上有时会出现多个旗鼓相当的序参量<sup>[6]</sup>,这里通过定性分析的方法把问题简化成劳动生产率和投资率两个变量,虽有点不够全面,但还是反映了主要的方面,更重要的是,我们这样处理后才能便于应用只含两个变量的哈肯模型来作实证分析。

## 2 自组织理论与哈肯模型

唯物辩证法认为:“事物发展的根本原因,不是在事物的外部而是在事物的内部,在于事物内部的矛盾性。”“外因是变化的条件,内因是变化的根据,外因通过内因而起作用”<sup>[7]</sup>。自组织理论就是关于系统内部演化机制的理论,其基本要点是:一个开放的非线性的远离平衡态的系统,当外部控制参量达到某个阈值时,在随机涨落的触发下,系统可以通过突变形成新的更有序的结构<sup>[8]</sup>。普里高津的“耗散结构理论”和哈肯的“协同论”是两个最有代表性的理论,哈肯把这种一定外部条件下由内因驱使系统发生演变的过程用数学形式进行描述,给出了哈肯模型<sup>[9-11]</sup>:

$$q_1 = -\lambda_1 q_1 - a q_1 q_2 \quad (1)$$

$$q_2 = -\lambda_2 q_2 + b q_1 \quad (2)$$

式中  $q_1, q_2$  是状态变量,  $\lambda_1, \lambda_2$  是阻尼系数,  $a, b$  反映  $q_1$  与  $q_2$  的相互作用强度, 设  $\lambda_2 = \lambda_1$ , 且  $\lambda > 0$ , 则表明状态变量  $q_2$  是迅速衰减的快变量, 因而可以采用绝热近似, 令  $q_2 \approx 0$ , 从式(2)可得

$$q_2 \approx \frac{b}{\lambda_2} q_1 \quad (3)$$

把式(3)代入式(1)可得

$$q_1 = -\lambda_1 q_1 - \frac{ab}{\lambda_1} q_1^2 \quad (4)$$

从式(4)解出  $q_1$  后, 代入式(3)也就决定了  $q_2$ , 这里, 阻尼小, 寿命长的状态变量  $q_1$ , 称为序参量, 它主宰着系统的演化<sup>[2]</sup>. 解出势函数

$$v = 0.5 \lambda_1 q_1^2 + \frac{ab}{2 \lambda_1} q_1^3 \quad (5)$$

它有两个状态:

当  $\lambda_1 > 0$  时, 方程(4)有唯一稳定解,  $q_1 = 0$ , 如图1

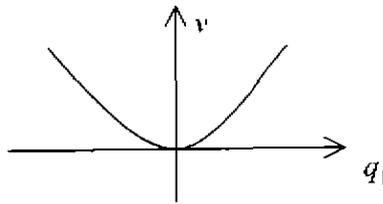


图1  $\lambda_1 > 0$  的情况

当  $\lambda_1 < 0$  时, 方程(4)有3个解  $q_1^i = 0$ ,

$$q_1^i = \sqrt{-\frac{\lambda_1 \lambda_2}{ab}} \cdot q_1^i = -\sqrt{-\frac{\lambda_1 \lambda_2}{ab}}$$

前一个解是不稳定的, 后两个解是稳定的, 见图2

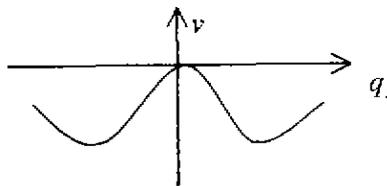


图2  $\lambda_1 < 0$  的情况

表明系统可通过突变进入新的稳定态.

为便于应用, 把哈肯模型离散化为

$$q_1(k+1) = (1 - \lambda_1) q_1(k) - a q_1(k) q_2(k) \quad (6)$$

$$q_2(k+1) = (1 - \lambda_2) q_2(k) + b q_1(k) \quad (7)$$

### 3 应用哈肯模型建立产业系统演化方程<sup>[2]</sup>

根据2中的讨论, 可用劳动生产率  $P_k$  (以下简称生产率) 和投资率  $I_k$  这两个状态变量来分析产业系统. 由于生产率反映了创新和科技进步, 可以判定这是产业系统的序参量, 为了证明这一点, 先取  $I_k$  为序参量 (即  $I_k$  为  $q_1, P_k$  为  $q_2$ ) 利用式(6)、式(7)得到产业系统演化方程:

$$I_k(k+1) = (1 - \lambda_1) I_k(k) - a I_k(k) P_k(k) \quad (8)$$

$$P_k(k+1) = (1 - \lambda_2) P_k(k) + b (I_k(k))^2 \quad (9)$$

以郑州市为例, 代入1991、1992年郑州市15个行业的具体数据表1, 得

$$I_k(92) = 0.5012 I_k(91) + 0.6635 (I_k(91))^2 \quad (10)$$

$$R^2 = 0.96 \quad F = 99.13$$

表1 1991、1992年郑州市15个行业的生产率与投资

行业名称	投资(万元)		生产率(万元/人)	
	1991	1992	1991	1992
煤炭采选业	59 905	36 823	0.283 3	0.326 7
烟草加工业	5 123	6 141	11.705 2	12.402 1
纺织业	8 614	6 281	0.715 5	0.719 0
电力业	37 215	19 275	1.415 1	2.159 3
造纸业	2 563	2 010	0.423 2	0.651 3
化学工业	13 281	8 125	1.000 7	1.026 9
医药工业	71 460	50 573	0.564 0	0.747 8
建筑业	1 643	4 371	0.531 7	0.745 3
有色金属	12 338	17 756	1.804 1	2.103 9
机械工业	7 782	12 316	0.673 0	0.815 7
交通设备	5 803	7 191	0.385 8	0.773 0
电子、通讯	627	633	0.829 6	0.977 1
食品制造业	1 187	5 493	0.872 9	1.036 7

注: 资料源于《郑州市统计年鉴》

$$P_k(92) = 0.996 P_k(91) + 0.00603 (I_k(91))^2 \quad (11)$$

$$R^2 = 0.94 \quad F = 791.002$$

这里, 括号中数字为  $t$  检验值(下同).

由于  $1 - \lambda = 0.5012$ , 所以  $\lambda_1 = 0.4988$ ; 同

理  $1 - \lambda_1 = 0.9996$ , 所以  $\lambda_1 = 0.0004$ .

$\lambda_1, \lambda_2$  表明劳动生产率  $p_R$  是阻尼小, 衰减慢的序参量, 应取  $p_R$  为  $q, I_R$  为  $q$ , 重新建立方程, 得

$$p_R(k-1) = (1 - \lambda_1)p_R(k) - \alpha p_R(k)I_R(k) \quad (12)$$

$$I_R(k-1) = (1 - \lambda_2)I_R(k) + b(p_R(k))^2 \quad (13)$$

代入表 1 数据, 得

$$\begin{aligned} p_R(92) &= 0.9985 p_R(91) + \\ &R^2 = 0.9001 \\ &0.0012 p_R(91)I_R(91) \end{aligned} \quad (14)$$

$$I_R(92) = 0.1245 I_R(91) +$$

$$R^2 = 0.93$$

$$0.7854 (p_R(91))^2$$

$$I_R = 31.87 \quad (15)$$

解得  $\lambda_1 = 0.0015, \lambda_2 = 0.5755, \lambda_1 > \lambda_2$

$\alpha = -0.0012, b = 0.7854$  代入式(5), 得势函数

$$v = 0.00075 p_R^3 - 0.000408 p_R^2 \quad (16)$$

令  $\frac{dv}{dp_R} = 0, 0.0015 p_R - 0.001636 p_R = 0$  得  $p_R$  的定态解

$$p_R = 0$$

$$p_R = -\sqrt{\frac{0.0015}{0.001636}} = 0.9575$$

$$p_R = -\sqrt{\frac{0.0015}{0.001636}} = -0.9575$$

求  $v$  的二阶函数得

$$\frac{d^2v}{d(p_R)^2} = 0.0015 - 0.004908 p_R^2 \quad (17)$$

把  $p_R^2 = 0$  代入式(17)得  $\frac{d^2v}{d(p_R)^2} = 0.0015 > 0$

表明  $p_R^2 = 0$  时  $v$  有极小值  $v_{\min} = 0, p_R = 0$  是一稳定解.

把  $p_R^2 = \pm 0.9575$  代入式(17)得

$$\frac{d^2v}{d(p_R)^2} = -0.0029947 < 0$$

表明  $p_R^2 = \pm 0.9575$  时  $v$  有极大值

$v_{\max} = 0.0003438$ , 所以  $p_R^2 = \pm 0.9575$  是两个不稳定解. 势函数的形状如图 3 所示.

广义的势是泛指系统所具有的采取某种走向

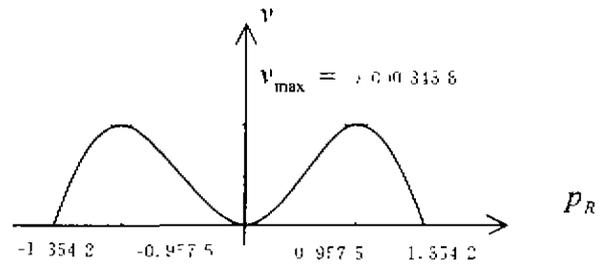


图 3 势函数形状

的能力, 它决定系统的演化方向. 产业系统的势(产业势)就决定了产业系统演化的方向和能力<sup>[1]</sup>, 它取决于反映系统行为的状态变量(如本文中的  $P_R, I_R$ ) 和环境对系统影响的控制参量(如本文中的  $\lambda_1, \lambda_2, \alpha, b$ ), 状态变量和控制参量发生变化时, 系统势函数也发生变化, 原来的稳定态变为下稳定态. 就现实产业系统来说, 一定结构的产业系统决定了它的产业势和劳动生产率的极限, 当劳动生产率趋近这个极限时, 系统原有结构已难以适应. 科学技术进步、制度创新、新产业群的兴起促使产业系统的结构(产业结构)升级, 方程中  $\lambda_1, \lambda_2, \alpha, b$  值发生变化, 因而可以容纳更高的劳动生产率, 系统在新的势函数下运行, 进入高一层次的稳态. 经济系统的发展就是这种复杂的含有自催化的超循环自组织过程.

#### 4 模拟运算与分析

政府通过各种政策调整系统参数  $\lambda_1, \lambda_2, \alpha, b$ , 即可控制产业系统演化的进程, 为产业结构升级创造条件. 为此, 按正交试验法, 对 4 参数各取 3 个水平, 这里取导致系统质变的 3 个水平, 见表 2, 形成 9 个方案进行模拟运算.

表 2 4 参数各 3 个水平的取值

水平	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\alpha$	$b$
1	0.0015	0.5755	-0.0012	0.7854
2	0	0	0	0
3	0.0015	0.5755	0.0012	0.7854

表 3 是按正交试验法得到的 9 个模拟方案及模拟运算的结果.

(1) 模拟结果表明 4 个参数按灵敏度的排序是  $\alpha, \lambda_1, \lambda_2, b$ , 表 3 中极差的大小反映了这个排

序),当 $\alpha$ 为负值时,表明投资率对生产率增长起推动作用,其绝对值越大,推动也越大;当 $\lambda_1$ 为负值时,表明产业系统已建起使生产率不断增长的正反馈机制, $\lambda_1$ 的绝对值越大,增长也越大; $b$ 反映生产率对投资率的影响, $b$ 为负值时,表明生产率

抑制投资率的增长; $\lambda_2$ 可正可负,正值意味着产业系统内部形成投资率递减的正反馈机制,而负值则形成投资率递增的正反馈机制,政府通过各种政策调节这4个参数来控制产业系统的演化。

表3 9个方案及模拟运算结果

方 案	参 数				模拟运算结果
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\alpha$	$b$	生产率的增长率
1	-0.0015	-0.5755	-0.0012	-0.7854	1.17
2	-0.0017	0	0	0	0.55
3	-0.0015	0.5755	0.0012	0.7854	-0.16
4	0	0.5755	0	0.7854	0.03
5	0	0	0.0012	-0.7854	-0.7
6	0	0.5755	-0.0012	0	0.72
7	0.0015	0.5755	0.0012	0	-1.87
8	0.0015	0	0.0012	0.7854	0.88
9	0.0017	0.5755	0	-0.7854	-0.51
$S_1$	1.26	0.67	2.77	-0.64	
$S_2$	0.05	0.75	0.67	-0.60	
$S$	-1.5	0.25	3.05	0.45	
$R$	2.76	1.49	3.80	1.05	

注: $S_1, S_2, S$ 为各参数水平出现的三次模拟结果之和, $R$ 表示极差。

(2) 调节最敏感的参数 $\alpha$ ,使其保持尽可能大的负值,为此应制定鼓励向高效产业投资的政策,同时限制对效益低下产业的投资,以此促使产业结构优化升级,所以 $\alpha$ 值为负可视为产业结构合理的基本条件,在 $\alpha < 0$ 的条件下,其绝对值愈大,产业结构有序程度愈高。

(3) 在 $\alpha, \lambda_1, \lambda_2$ 均小于零的前提下,保证足够大的 $\alpha$ 的绝对值,就可使 $b > 0$ ,这样整个产业系统进入生产率与投资率互相促进,整个系统持续发展的良性循环,这是一种理想的状态。实践中,由于投资率 $I_t = \frac{I}{Y}$ (是投资占产出的比重)的增长必然使消费率下降,因而抑制了生产率的增长,最终使 $b < 0$ 而抑制了投资率的增长,国内外经济发展的实践都证实了这一点,因此我们没有按理想方案去设计。

(4) 从表3的模拟运算结果中可以看出,方案1有最高的生产率增长率,此时,4个参数均为负值,投资率控制在某一阈值;方案8居第2位,此

时 $\lambda_1 > 0, \lambda_2 = 0, \alpha < 0, b < 0$ ,主要靠生产率和投资率的协同作用保持较高的生产率增长率;方案8居第3,此时 $\lambda_2 > 0$ ,投资增长率有较大阻尼,但由于 $\alpha < 0$ ,有较好的协同效益,因而使生产率仍有较快增长,这与近年来我国采取适度紧缩银根,着力调整结构,改善投资效益政策取向相吻合。最近,中央采取积极的财政政策,一方面加强基础设施投资,一方面加强对重点产业的技改投入,在启动内需的同时,加强老产业改造和新兴产业的发展,促进产业结构升级,则是这一方案又一实践。

(5) 由式(12)和式(13)组成的产业系统演化方程组,揭示了一个规律:在产业系统演化的临界点上(即产业结构变动的临界点上),主宰系统演化的序参量是生产率,我国目前正处于这个状态,因此,投资率的增长应随生产率增长的快慢来调节,应采取控制投资总量,改善投资质量,促进产业结构升级,提高投资效益的政策。

**参 考 文 献:**

- [1] Sasaki N. Management and industrial structure in Japan[M]. Oxford: Pergamon Press, 1990. 1-10
- [2] Kennedy W P. Industrial structure, capital markets and the origins of British economic decline[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 1-25
- [3] 周振华. 现代经济增长中的结构效应[M]. 上海: 三联书店, 1992. 1-30
- [4] 朱永达等. 中观经济管理—理论·模型·应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1997. 69-75
- [5] 张涛. 区域产业结构的演化机制[J]. 郑州: 河南农业大学, 1998. 34-61
- [6] 马杰, 赵凯荣. 系统经济学[M]. 武汉: 湖北人民出版社, 1997. 222-228
- [7] 毛泽东. 矛盾论[M]. 毛泽东选集, 北京: 人民出版社, 1956. 288-292
- [8] 姜璐, 王德胜等. 系统科学新论[M]. 北京: 华夏出版社, 1990. 98-118
- [9] 苗东升. 系统科学原理[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990. 147-154
- [10] 谭跃进等. 系统学原理[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1996. 162-173
- [11] 颜泽贤. 现代系统理论[M]. 香港: 三联书店(香港)有限公司, 1993. 70-76
- [12] 王寿云, 于景元等. 开放的复杂巨系统[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1986. 18-49

## **Evolution mechanism and optimum control of regional industrial system**

*ZHU Yong-du, ZHANG Tao, LI Bing-jun*

Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

**Abstract:** Based on briefly reviewing the domestic and abroad research achievements of the evolution law of industrial structure, the paper put forward that it was necessary for further exploring the interior evolution mechanism of industrial structure to jump out the error region of "discussing the structure for the structure" based on the study of evolution law of the industrial structure. Evolution equation for industrial system was established relying on Haken model of the self-organization theory. Through a positive analysis to Zhengzhou City, it was quantitatively demonstrated that the labor productivity reflecting innovation and technical progress is the ordering variable of describing industrial system evolution. And an order for the sensitivity of 4 parameters in the equation was given. According to Zhengzhou City reality, 9 schemes were designed. Based on the stimulating operation and the analysis of each scheme condition for executing, some effective policy suggestions were given.

**Key words:** industrial structure; industrial system; self-organization theory; evolution equation