

# 两化融合与内生经济增长\*

杨蕙馨<sup>1</sup>, 焦勇<sup>\*2</sup>, 陈庆江<sup>3</sup>

(1. 山东大学管理学院, 山东 济南 250100;

2. 山东大学经济学院, 山东 济南 250100;

3. 山东财经大学工商管理学院, 山东 济南 250014)

**内容提要:** 后发优势的来源之一是工业化与信息化的融合发展。本文在协同演化的背景下, 尝试将工业化与信息化引入到协同演化模型中, 利用合作系数的乘积衡量两化融合水平, 进一步刻画两化融合的动态演变进程, 构建了包含两化融合因素的经济增长 R - C - K 模型, 刻画两化融合构成生产要素之一参与生产的均衡条件。研究结果显示, 当两化融合匀速增长时, 两化融合的演进并不能带来经济系统人均有效产出、人均有效资本或人均有效消费的增加, 会带来社会总产出、总资本和总消费的稳步提升; 当两化融合的动态变化发生跳跃时, 经济系统稳态值发生跃迁, 人均有效产出、人均有效资本和人均有效消费量上升到更高水平, 而社会总产出、总资本和总消费量呈现加速上升趋势。

**关键词:** 后发优势; 两化融合; 协同演化; 内生经济增长

**中图分类号:** F062.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—5766(2016)01—0001—09

## 一、引言

当今世界经济增长呈现两个显著的特征: 一是工业化的再次兴起, 2013 年德国提出“工业 4.0”计划以来, 主要发达国家纷纷提出“再工业化”战略(金碚, 2012; 黄群慧、贺俊, 2013); 二是信息化的广泛渗透, 重塑全球化时代国家和产业的新竞争优势。背后印证的是全球范围内信息化与工业化融合发展特征<sup>①</sup>, 两化融合日益成为提高资源配置效率、推动经济增长转型、调控环境承载力的重要手段。中国工业化进程短, 信息化发展不完善, 更不具备“先工业化、后信息化”的历史契机, 所以, 促进信息化与工业化的融合发展, 成为中国保持经济稳定增长、调整产业结构、避免“中等收入陷阱”的历史选择。

中共十八届五中全会创新性地提出“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念, 描绘中国未来的发展方向和发展目标, 而信息化与工业化的融合发展则成为解决自然、经济、社会各方面矛盾的重要手段。中国在深入推行两化融合的进程中出台了诸如“中国制造 2025”计划和“互联网+”计划, 推动互联网、云计算、大数据、物联网与现代制造相结合, 引导工业信息化关键共性技术的突破, 发展先进制造和高端装备。纵观已有研究文献, 西方学者研究关注的焦点之一是信息技术的渗透和融合对经济增长的影响(Jorgenson & Stiroh, 1995, 1999; Dewan & Kraemer, 2000; Jorgenson, 2001; Gust & Marquez, 2004); 关注的焦点之二是“信息技术生产率悖论”问题<sup>②</sup>(Solow, 1987; Acemoglu 等, 2014)。

**收稿日期:** 2015 - 10 - 20

\* **基金项目:** 国家社会科学基金重大项目“构建现代产业发展新体系研究”(13ZD019); 教育部创新团队“产业组织与企业成长”(IRT13029)。

**作者简介:** 杨蕙馨(1961 -), 女, 河北邢台人, 教授, 博士生导师, 研究方向是企业组织、产业组织、战略管理, E-mail: yhx@sdu.edu.cn; 焦勇\*(1987 -), 男, 安徽安庆人, 博士研究生, 研究方向是产业组织理论, E-mail: jiaoyong1987@126.com; 陈庆江(1980 -), 男, 山东临沂人, 讲师, 研究方向是企业组织与产业组织, E-mail: chenqingjiang@aliyun.com。\* 为通讯作者。

<sup>①</sup> 信息化与工业化融合, 下文简称“两化融合”。

<sup>②</sup> 信息技术生产率悖论, 又称“生产率悖论”(Productivity Paradox)、“索洛悖论”, 最早是由 Strassman 在研究美国企业时发现的, 即 IT 投资和投资回报率之间关联性较弱。20 世纪 80 年代, 美国企业投资 1 万亿美元用于信息技术建设, 然而, 自 1973 年开始, 美国的生产率增长率却进入低谷时期。

在信息技术为先导的新科技革命浪潮中,中国提出信息化与工业化互补共进的发展道路(乌家培,1993;1995)。近年来,围绕两化融合的实现机制(肖静华等,2006;万建香,2009;俞立平等,2009;谢康等,2009;谢康、肖静华,2011;林莉、葛继平,2012)、融合过程(朱金周,2011;金江军,2011)、融合水平(国家统计局信息中心课题组,2004;中国信息化水平评价研究课题组,2006;工业和信息化部信息化推进司,2012;谢康等,2012)的研究陆续展开。

两化融合是在产业层次中发挥后发优势的重要手段之一,是推动中国产业结构优化升级、经济可持续发展的重要推手。第一,现阶段中国收入状况、技术水平、产业结构和发达国家仍然存在差距,引入已有的技术加速国内知识积累,带来更快的经济增长速度(林毅夫,2003;林毅夫和张鹏飞,2005)。第二,世界范围内酝酿的新科技革命、再工业化战略为中国两化融合提供了有利条件,以“三网”融合、“云计算”为代表的新一代信息技术,将会革新中国工业化的进程。如,3D打印技术采用“分层加工、叠加成型”的加法原则,将电脑设计转化为工业实物,从而突破了工业生产的减法原则。

两化融合也是产业结构优化升级、促进经济增长的生产要素之一。第一,信息技术的渗透和融合改变了要素配比结构,增强了要素流动性,提高了资源的配置效率,为资金、人力资本等要素在不同企业、产业和地理空间的流动提供了便利。第二,信息技术的渗透和融合促进了要素的集约使用,同时,对部分要素产生替代效应,提高了要素的使用效率。

本文在已有研究成果的基础上,进行的拓展工作在于:一是将工业化与信息化引入到协同演化共生模型中,利用合作系数 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 的乘积衡量两化融合水平,达到对两化融合两个方面(工业化促进信息化、信息化推动工业化)的准确衡量;二是提出两化融合是推动产业结构变迁、促进宏观经济增长的生产要素之一,从而将两化融合从索洛剩余中剥离出来;三是引入经济增长R-C-K模型(拉姆塞—卡斯—库普曼模型),将两化融合水平引入到企业

生产函数中,分析两化融合因素对宏观经济增长、平衡增长路径的作用机理。

## 二、两化融合的刻画及动态特征

### 1. 两化融合水平刻画

构建两化融合的综合评价指标体系成为对两化融合水平刻画的普遍方式。两化融合是信息化和工业化相互融合、相互促进的过程(俞立平等,2009),双方的要素构成及表现形态相互结合、渗透直到彼此交融,也即信息化与工业化两个系统协同演化,共同发展的过程。本文立足于协同演化视角,既然两化融合是信息化和工业化两个彼此不同但又相互联系的系统之间协同演化的结果,那么,由此构建信息化与工业化两个系统协同演化模型公式为:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = r_1 x_1 \left( 1 - \frac{x_1}{N_1} + \phi_1 \frac{x_2}{N_2} \right) \\ \frac{dx_2}{dt} = r_2 x_2 \left( 1 - \frac{x_2}{N_2} + \phi_2 \frac{x_1}{N_1} \right) \end{cases} \quad (1)$$

式中, $x_1$ 、 $x_2$ 分别代表工业化与信息化程度; $r_1$ 、 $r_2$ 分别是工业化、信息化的自然增长率; $N_1$ 、 $N_2$ 分别代表工业化(信息化)单独演进发展时所能达到的最高值; $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 为合作系数,分别表示信息化(工业化)水平的提高对工业化(信息化)水平提高的合作互惠作用。求解该模型,获得系统稳定条件和不动点,具体如表1所示。

工业化与信息化协同演化存在四个不动点,其中,零点解不稳定。稳定状态下的角点解是 $(N_1, 0)$ 、 $(0, N_2)$ ,存在的条件是合作系数的非对称地位,才会带来信息化、工业化两个系统“非你即我”的竞争格局。只有满足稳定性条件 $0 < \phi_1 < 1$ 、 $0 < \phi_2 < 1$ 时,合作系数 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 的作用力水平处于对称关系,也即工业化对信息化的促进作用与信息化对工业化的促进作用同等重要,并没有出现一种力量质的改变,工业化和信息化协同演化,不动点的工业化、信息化水平分别为 $\frac{N_1(1+\phi_1)}{1-\phi_1\phi_2}$ 、 $\frac{N_2(1+\phi_2)}{1-\phi_1\phi_2}$ 。

表1 工业化与信息化协同演化的不动点及稳定条件

| 类型  | 不动点  | 稳定条件  | 解释、含义            |
|-----|--|---|------------------|
| 零点解 | (0,0)  | 不稳定   | 工业化和信息化尚未进行      |
| 角点解 | (N <sub>1</sub> ,0)  | φ <sub>1</sub> < 1, φ <sub>2</sub> > 1, φ <sub>1</sub> φ <sub>2</sub> < 1 | 工业化充分发展,而信息化尚未进行 |
| 角点解 | (0,N <sub>2</sub> )  | φ <sub>1</sub> > 1, φ <sub>2</sub> < 1, φ <sub>1</sub> φ <sub>2</sub> < 1 | 信息化充分发展,而工业化尚未进行 |
| 内点解 | $(\frac{N_1(1+\phi_1)}{1-\phi_1\phi_2}, \frac{N_2(1+\phi_2)}{1-\phi_1\phi_2})$ | 0 < φ <sub>1</sub> < 1, 0 < φ <sub>2</sub> < 1                            | 工业化与信息化协同共生      |

资料来源:作者计算整理获得

φ<sub>1</sub>、φ<sub>2</sub> 为合作系数,分别表示信息化(工业化)水平的提高对工业化(信息化)水平提高的合作互惠作用,也即技术、管理等资源共享所带来的知识外溢,带来协同发展效应。所以,φ<sub>1</sub> 衡量了信息化发展对工业化的促进作用,φ<sub>2</sub> 则衡量了工业化发展对信息化的促进作用。信息化与工业化的融合发展,两者不可偏废,故而模型中 φ<sub>1</sub>φ<sub>2</sub> 正是对两化融合内涵的精准表达。

### 2. 两化融合动态特征分析

根据工业化与信息化协同演化模型,工业化与信息化共生的条件是:0 < φ<sub>1</sub> < 1, 0 < φ<sub>2</sub> < 1, 稳态条件下工业化程度:  $N_1^* = \frac{N_1(1+\phi_1)}{1-\phi_1\phi_2}$ , 信息化程度:  $N_2^* = \frac{N_2(1+\phi_2)}{1-\phi_1\phi_2}$ , 其中, N<sub>1</sub><sup>\*</sup>、N<sub>2</sub><sup>\*</sup> 分别代表两化融合发展背景下工业化与信息化的稳态水平值。所以,建立在稳态水平上的两化融合水平公式为:

$$I = \phi_1\phi_2 = 1 - \frac{N_1^*/N_1 + N_2^*/N_2 - 1}{(N_1^*/N_1) \cdot (N_2^*/N_2)} = \frac{(N_1^*/N_1 - 1)(N_2^*/N_2 - 1)}{(N_1^*/N_1) \cdot (N_2^*/N_2)} \quad (2)$$

式中, I 为两化融合水平, N<sub>1</sub><sup>\*</sup>/N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub><sup>\*</sup>/N<sub>2</sub> 分别衡量工业化、信息化协同发展条件下,由于知识外溢、合作互惠带来的信息化与工业化发展到更高水平的稳定状态水平值和单独演化条件下的稳态水平值之间的倍数,衡量了由于合作互惠产生推动作用的大小。

根据两化融合的协同演化模型,随着信息化与工业化的融合发展,所产生的协同作用越来越强。例如,信息化所带来的技术支持,推动工业电子、工业软件、信息服务等信息技术产业的繁荣发展,工

业化发展为信息化创造“需求”(金江军等,2011;朱金周,2011),进而工业化和信息化能够突破自然增长极限<sup>①</sup>,达到更高的稳态水平值,据此假设:

$$\frac{N_1^*}{N_1} = k_1 \cdot t + m, \frac{N_2^*}{N_2} = k_2 \cdot t + n \quad (3)$$

式中, k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub> 为收敛速率,随着时间推移,工业化、信息化突破自然增长极限达到更高水平的能力。收敛速度的现实解释是两化融合的制度安排、推进措施的政策强弱; m、n 分别代表作用力的初始水平。至此,两化融合水平  $I = \phi_1\phi_2 = \frac{(k_1t+m-1)(k_2t+n-1)}{(k_1t+m)(k_2t+n)}$ 。随着两化融合的深度推进,经济增长、资源消耗、环境承载之间的矛盾凸显,导致两化融合水平缓慢增长,融合难度越来越大。两化融合的动态变化方程为:  $i_t = (I_{t+1} - I_t) / I_t$ , 代入式(2)和式(3),化简获得两化融合的动态变化方程:

$$i_t = \frac{(k_1t+m-1+k_1)(k_2t+n-1+k_2)(k_1t+m)(k_2t+n)}{(k_1t+m+k_1)(k_2t+n+k_2)(k_1t+m-1)(k_2t+n-1)} - 1 \quad (4)$$

式(4)中, i<sub>t</sub> 是关于 t 的单调递减函数。为了将两化融合纳入到经济增长 R - C - K 模型(Ramsey, 1928; Cass, 1965; Koopmans, 1965)中,对两化融合进行线性化近似处理<sup>②</sup>。通过对两化融合的表达式分析和数值模拟,将两化融合水平、两化融合的动态变化表现为三段式特征,设定  $i_t = \gamma_1, 0 < t < T_1$ , 两化融合水平 I<sub>t</sub> 以较快的速度 γ<sub>1</sub> 均匀增长; 设定  $i_t = \gamma_2, 0 < t < T_2$ , 其中 γ<sub>2</sub> < γ<sub>1</sub>, 代表了在 (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>) 时间内两化融合以低于 γ<sub>1</sub> 的速度 γ<sub>2</sub> 均匀增长; 在 t > T<sub>2</sub> 时, i<sub>t</sub> ≈ 0, 两化融合的动态变化 i<sub>t</sub> 接近于 0, 工业化与信息化接近于完全融合的理想状态, 此时两个系

<sup>①</sup>本文所指的工业化、信息化所能够达到的极限值并不是用百分比衡量,并不是达到 100% 时为极限值,而是包含质量提升的演进过程。例如,现阶段德国“工业 4.0”计划,就是对现有工业化的革新,推动工业化质量提升。

<sup>②</sup>线性化处理并不改变两化融合变化的基本特征,便于后续研究中获得平衡增长路径中的稳态值。

统之间要素构成、表现形态彼此交融,充分利用合作互惠能力,推动工业化与信息化的同步、有序进行。

### 三、包含两化融合的内生经济增长模型

发展中国家的技术水平与发达国家相比存在显著差距,故而发展中国家通过引进技术来加速技术变迁,发挥后发优势,促进经济增长(林毅夫,2003),而信息化和工业化的融合是发挥后发优势、推动经济增长的活水之源。考虑一个包含两化融合的内生经济增长模型,两化融合构成推动经济增长的生产要素之一。具体考虑一个竞争性企业引入资本和劳动力生产和销售产品,消费者持有资本并进行消费和储蓄的 R - C - K 模型。

#### 1. 企业生产行为

将两化融合纳入到生产函数,同时,企业生产还需投入资本  $K$ 、劳动力  $L$ ,假定技术进步表现为哈罗德中性,那么,企业生产函数的一般形式可以表述为  $Y_t = F(K_t, A_t I_t L_t)$ ,具体构建 C - D 生产函数公式为:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t I_t L_t)^{1-\alpha} \quad 0 < \alpha < 1 \quad (5)$$

式中,  $Y_t$  为最终产品的产量;  $A_t$  为企业面临的技术水平,假定  $A_t$  以  $g$  的速率增长,也即  $\frac{\dot{A}_t}{A_t} = g$ 。生产函数中引入了两化融合作为生产要素之一,不仅发挥经济增长的后发优势,更是由于信息化与工业化的融合推动生产要素使用效率、配置效率的提高,带来更高的产出水平。基于此,两化融合是构成经济增长的生产要素之一,并纳入到 R - C - K 模型。

企业产出在个人消费与投资之间分割,此外,考虑到现有资本的折旧,资本积累方程形式为:

$$\dot{K}_t = Y_t - C_t - \delta K_t \quad (6)$$

式中,资本折旧率  $\delta > 0$ 。为了获取经济增长的动态轨迹中每单位有效劳动的资本存量  $k$  的动态特征,构建生产函数  $Y_t = K_t^\alpha (A_t I_t L_t)^{1-\alpha}$  的紧凑形式为:

$$f(k_t) = \left( \frac{K_t}{A_t I_t L_t} \right)^\alpha, \text{ 则有 } k_t = \frac{K_t}{A_t I_t L_t}。 \text{ 利用链式法则,求}$$

解获得每单位有效劳动的资本存量的变化速率为:

$$\dot{k}_t = y_t - c_t - (i + g + \delta)k_t \quad (7)$$

式中,两化融合  $I$  的时间增长率  $i = \frac{\dot{I}_t}{I_t}$ ;  $y_t - c_t$

为每单位有效劳动的实际投资;而  $(i + g + \delta)k_t$  为持平投资。

#### 2. 消费者行为

市场中存在大量的消费者,消费企业生产的产品,并提供企业生产所必需的劳动力资源。消费者将其收入在消费与储蓄之间进行分配,获得最大化的终身效用,由此构建消费者的效用函数公式为:

$$U = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\rho t} u(C_t) dt \quad (8)$$

式中,  $C_t$  是  $t$  时刻的消费量;  $\rho$  是主观贴现率,反映了消费者的主观时间偏好率;  $u(\cdot)$  为消费者瞬时效用函数,采用相对风险厌恶不变 (CCRA) 效用函数,瞬时效用函数公式为:

$$u(C_t) = \frac{C_t^{1-\theta}}{1-\theta}, \theta > 0 \quad (9)$$

式(9)中,相对风险厌恶系数为  $-C \cdot \frac{u''(C)}{u'(C)} =$

$\theta$  独立于  $C$ ; 代表性消费者的效用函数为:  $U = \int_0^{\infty} \frac{C_t^{1-\theta} - 1}{1-\theta} e^{-\rho t} dt。$

#### 3. 系统均衡与最优路径

(1) 经济系统均衡。在给定的企业生产约束条件下,消费者效用最大化的目标函数与约束条件分别为:

$$\max U = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\rho t} u(C_t) dt \quad (10)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \dot{k}_t = y_t - c_t - (i + g + \delta)k_t \\ y_t = (k_t)^\alpha \end{cases} \quad (11)$$

求解此模型,需要建立现值哈密尔顿函数:  $\Gamma = u(c) + \lambda [y - c - (i + g + \delta)k]$ , 其中,  $\lambda$  为  $k$  的余状态变量,也即影子价格。分别对  $\Gamma$  求解关于消费  $c$  和资本  $k$  的一阶导数,也即:  $\partial \Gamma / \partial c = 0, \partial \Gamma / \partial k = 0$ , 从而获得:

$$\begin{cases} \dot{k} = y - c - (i + g + \delta)k \\ \dot{c} = \frac{c}{\theta} \left[ \frac{dy}{dk} - (i + g + \delta + \rho) \right] \end{cases} \quad (12)$$

最优解状态下满足截断性条件:  $\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\rho t} \lambda_t k_t = 0$ , 当  $\dot{k} = \dot{c} = 0$  时, 获得社会均衡解  $(k, c)$  为:

$$\left( \frac{\alpha}{i + g + \delta + \rho} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, (1 - i - g - \delta) \left( \frac{\alpha}{i + g + \delta + \rho} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}。$$

根据对  $i_t$  变化性质的分析,可以得出平衡增长路径上包括三个均衡解,其中,当  $0 < t < T_1$  时,  $i_t = \gamma_1$ , 所

以,两化融合快速增长的稳态均衡解( $k^*, c^*$ )为:

$$\left(\frac{\alpha}{\gamma_1 + g + \delta + \rho}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, (1 - \gamma_1 - g - \delta) \left(\frac{\alpha}{\gamma_1 + g + \delta + \rho}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}};$$

当  $T_1 < t < T_2$  时,  $i_t = \gamma_2$ , 其中  $\gamma_2 < \gamma_1$ , 两化融合缓慢

增长的稳态均衡解( $k^{**}, c^{**}$ )为:  $\left(\frac{\alpha}{\gamma_2 + g + \delta + \rho}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$ ,

$$(1 - \gamma_2 - g - \delta) \left(\frac{\alpha}{\gamma_2 + g + \delta + \rho}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}};$$

当  $t > T_2$  时, 两化

融合的动态变化  $i_t$  接近于 0, 工业化与信息化接近于完全融合的理想状态, 经济系统的稳态均衡解

$$(k^{***}, c^{***}) \text{ 为: } \left(\frac{\alpha}{g + \delta + \rho}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, (1 - g - \delta) \left(\frac{\alpha}{g + \delta + \rho}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}.$$

总之, 平衡增长路径中, 存在三个稳态均衡解, 对应

了两化融合快速增长阶段、两化融合缓慢增长阶段

和两化接近于完全融合的阶段。在平衡增长路径

上, 稳态的人均有效产出水平  $y = (k)^\alpha$  分别为:

$$\left(\frac{\alpha}{\gamma_1 + g + \delta + \rho}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}, \left(\frac{\alpha}{\gamma_2 + g + \delta + \rho}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \text{ 和 } \left(\frac{\alpha}{g + \delta + \rho}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}.$$

(2) 相图分析和演变路径。首先分析不存在均

衡转换, 单一均衡状态下( $k^*, c^*$ )、( $k^{**}, c^{**}$ )或者

( $k^{***}, c^{***}$ )的动态学特征。以( $k^*, c^*$ )为例,  $k^*$ 为

$\dot{c} = 0$  时  $k$  的水平,  $\dot{c} = 0$  为一条经过点  $k^*$ , 并垂直于

$x$  轴的直线; 而  $\dot{k} = 0$  是一条先上升后下降的曲线,

且  $\dot{c} = 0$  的运动轨迹和  $\dot{k} = 0$  的运动轨迹的焦点  $E$  位

于  $\dot{k} = 0$  轨迹上最高点的左侧, 如图 1 所示。

图 1 中箭头表示了  $c, k$  的运动方向, 当  $k < k^*$

时,  $c$  上升, 反之亦然。通过  $\dot{c} = 0$  和  $\dot{k} = 0$  运动轨迹,

将区间划分为四个子区间, 其中, 右上角子区间和

左下角子区间内  $c, k$  的运动方向存在朝向均衡点  $E$

移动的可能性, 而左上角子区间和右下角子区间则

没有移动到均衡点  $E$  的可能性。曲线  $F$  为过均衡

点  $E$  的鞍点路径。

经济增长沿着鞍点路径收敛于点  $E$ , 也即经济增

长收敛在平衡增长路径, 因此, 两化融合的动态变化

不发生跃迁时, 也即保持恒定的增长率增长时, 两化

融合水平的提升并不能带来人均有效资本、人均有效

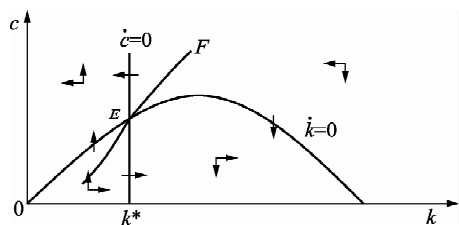


图 1 c 与 k 的动态学

资料来源: 作者绘制

消费和人均有效产出的上升。由于  $K_t = k_t \cdot (A_t I_t L_t)$ 、

$Y_t = y_t \cdot (A_t I_t L_t)$ , 两化融合的平衡增长却带来了社会

总产出、总资本和总消费的稳步提升。

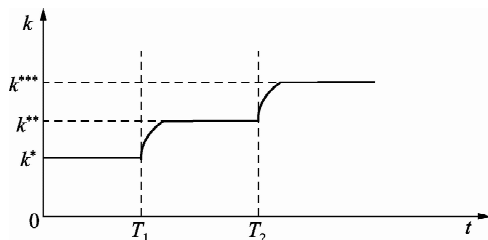


图 2 均衡解 k 的转换

资料来源: 作者绘制

图 2 显示的是两化融合由快速增长转换到慢

速增长进而进入零增长区间时, 稳态条件中人均有

效资本的演变路径。当两化融合增长速度保持恒

定增长时, 人均有效资本量恒定不变, 与此相一

致的是人均有效消费和人均有效产出保持不变; 当

经济系统稳态水平跃迁时, 人均有效资本上升到更

高水平, 人均有效消费和人均有效产出也跃升到更

高水平。由此可以获得一个令人鼓舞的结论: 处于

下降通道中的两化融合增长速度却带来经济系统

更高水平的均衡值。

#### 四、数值模拟

关于经济增长 R - C - K 模型中的参数选取,

已有不少研究进行探讨, 其中, 关于中国资本折

旧率的取值分布为 4% ~ 10% 之间<sup>①</sup>, 遵从王小鲁、樊

<sup>①</sup>关于资本折旧率的研究中存在两种观点: 一种观点认为, 中国资本折旧率较低, 介于 4% ~ 6% 之间, Chow & li(2002) 在估计中国资本存量时, 采取了类似的资本折旧率, 并将 1993—1998 年的折旧率设定为 5.6%, 而 Hall & Jones(1999)、Young(2000) 则假定资本折旧率为 6%; 另一种观点认为, 中国资本折旧率较高, 介于 8% ~ 11% 之间, 张军等(2004) 通过不同资本类型的估算分析得出折旧率为 9.6%, 而胡永刚、刘方(2007) 的研究中选取的折旧率为 10%。

纲(2000)的研究,设定5%的资本折旧率。生产函数中,资本的份额设定为0.33,依据 Reis & Sequeira (2007)的做法,将主观时间偏好率  $\rho$  设定为0.02,技术进步率  $g$  设定为0.2。因为鲜有关于两化融合方程中的参数设定,根据对两化融合的趋势图和两化融合的动态变化轨迹的分析,分别设定  $t=5$ 、 $t=20$  和  $t=100$  为两化融合初期(两化融合快速增长时期)、两化融合中期(两化融合缓慢增长时期)和两化融合长期(两化融合稳定不变)的代表时期值。设定两化融合收敛于更高水平能力的初始水平  $m=4$ ,  $n=2$ ; 由于收敛速度  $k_1$  和  $k_2$  具有对称性,故而设定  $k_2=2$ ,模拟  $k_1$  变动时人均有效产出的最佳反应,也即考察政策的推动作用对稳态值的影响。

图3模拟了两化融合初期阶段中人均有效产出对政策强弱的最优反应。两化融合的推进政策强弱对人均有效产出具有显著影响,人均有效产出呈现较为显著的U型特征,主要是与初期中两化融合的动态变化较大息息相关。当政策措施较弱时,两化融合的动态变化处于较低水平,此时需要为此支付的持平投资较低,人均有效产出依然保持在较高水平上;随着两化融合政策的增强,带来两化融合动态变化的快速增加,经济系统需要为此支付高水平的持平投资,故而政策措施力度的增强反而降低了稳态中人均有效产出水平;当两化融合政策进一步增强时,政策效果显现,并推动人均有效产出的增长。从模拟的结果看,初期

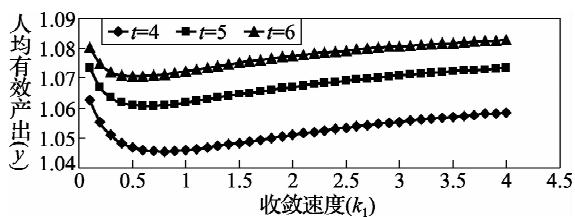


图3 不同两化融合收敛速度条件中人均有效产出稳态水平值的初期效应<sup>①</sup>  
资料来源:作者根据模拟结果绘制

中两化融合的推进政策对人均有效产出的增加效果并不显著。

图4模拟了两化融合的中期阶段收敛速度变动下的人均有效产出的最优反应。随着两化融合深入推进,两化融合的制度安排和推进措施强弱发生变化时,所带来人均有效产出U型特征并不显著,反而出现持续的增长趋势。这一时期,两化融合处于缓慢增长阶段,稳态水平上需要支付的持平投资并不高,强力的推进政策带来经济系统处于更高的稳态水平,政策效果显著。因此,在两化融合的中期阶段,需要出台政策措施,鼓励两化融合深入、广泛地推行,可以推动经济系统收敛于更高水平的稳态值。

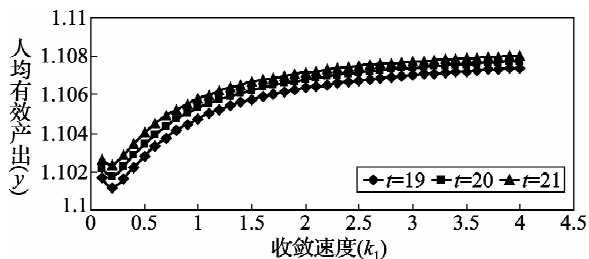


图4 不同两化融合收敛速度条件中人均有效产出稳态水平值的中期效应  
资料来源:作者根据模拟结果绘制

图5模拟了两化融合的长期阶段中收敛速度变动下的人均有效产出的最优反应。为了更为有效地观测两化融合的收敛速度对稳态下人均收入的影响,同时,模拟了当  $t=20$  时,  $t=99$ 、 $t=100$  的趋势图<sup>②</sup>。长期阶段中,人均有效产出水平在较高水平上保持稳定,两化融合的制度安排和推进措施强弱发生变化时,并不会带来稳态中人均有效产出水平的改变。这暗含着两个结论:第一,两化融合对稳态水平人均有效资本、人均有效消费和人均有效产出的提高具有促进作用,随着两化融合水平的提高,提高了资源的配置效率和使用效率;第二,长期阶段中两化融合的政策强弱变化并不能影响到稳态水平值。

<sup>①</sup> 此处仅给出人均有效资本关于两化融合的收敛速度  $k_1$  的反应图,而人均有效产量和人均有效消费均具有类似性质,不再赘述。

<sup>②</sup> 图5中,  $t=99$  和  $t=100$  的人均有效产出稳态水平的模拟曲线几乎重叠在一起。

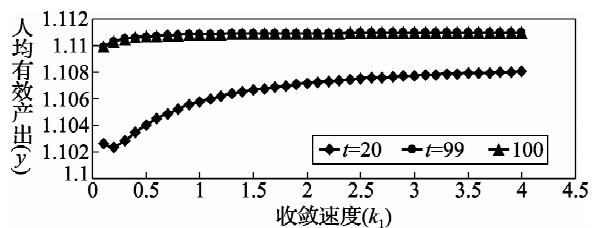


图5 不同两化融合收敛速度条件中人均有效产出稳态水平值的长期效应  
资料来源:作者根据模拟结果绘制

通过模拟研究发现,在两化融合的不同阶段,政策的强弱对稳态中人均有效收入产生异质性影响。在短期阶段,人均有效产出表现出显著的U型特征,U型谷底,两化融合的动态变化大,导致了经济系统需要支付较高的持平投资,所以,政策由弱变强并不能带来人均有效产出的增加;在中期阶段,人均有效产出呈现显著的增长趋势,这一阶段需要投入的持平投资不高,强而有力的两化融合政策将会刺激经济增长,带来更高水平的稳态值;在长期阶段,两化融合通过协同演化到较高的稳态水平,经济系统达到较高的稳态水平值,此时,政策的强弱并不能对人均有效产出带来影响。

## 五、研究结论与启示

### 1. 研究结论

本文通过构建工业化与信息化的协同演化共生模型,利用合作系数的乘积衡量两化融合程度,从而达到对两化融合的理论测度,进而将两化融合引入到经济增长的R-C-K模型中,对两化融合的动态特征、两化融合对平衡增长路径的影响进行了理论研究和数值模拟分析。

本文的主要结论可以归纳为:第一,当稳态值不发生改变时,也即两化融合处于较快增长路径、较慢增长路径或处于最佳状态不变时,两化融合的平稳演进并不能带来经济系统人均有效产出、人均有效资本或人均有效消费的增加,然而,两化融合的平稳演进能够带来社会总产出、总资本和总消费的稳步提升,这对经济社会发展、物质文明的提升具有重要的现实意义。第二,当两化融合由快速增长换挡到慢速增长进而进入零增长区间时,经济系

统稳态值发生跃迁,人均有效资本、人均有效消费量和人均有效产出均会上升到更高水平,而经济总量更是加速上升,所以,融合速度的下降是值得兴奋的事实。第三,两化融合的制度安排和推进措施的强弱对稳态中人均有效收入产生异质性影响,初期阶段,政策由弱变强的过程会导致人均有效收入呈现显著的U型特征;中期阶段,政策的增强带来人均有效收入的持续增长趋势;长期阶段,政策强弱变化和人均有效收入之间没有关系,经济系统演进到较高的稳态水平。

### 2. 启示

通过上述分析研究获得如下启示:

(1)两化融合不仅是一项政策安排,更是经济增长的生产要素之一。应该将两化融合提升到与资本、劳动力同等重要的生产要素的位置,充分肯定两化融合对实现生产要素有效配置的基础性作用。中国是世界上最大的发展中国家,虽然现有的技术水平、管理手段与发达国家存在较大差距,但这也为中国两化融合的发展提供了广阔的“试验田”和“手术台”,充分引进、吸收、消化发达国家的先进技术,并加快国内工业制造和信息技术的结合,推动高端制造业、智能制造业的蓬勃发展,培育民族经济坚实的脊梁。

(2)通过对两化融合内在发展规律的充分认识,两化融合速度的下降并不是令人悲伤的现象。一方面,融合速度的下降印证了两化融合达到更高水平之上所显现的融合“新常态”,两化融合并不是线性增长模式,而是在经历一段快速增长后自然而然地进入到缓慢增长状态;另一方面,两化融合发展到较高水平,融合速度下降,经济系统中人均有效资本、人均有效消费和人均有效产出跃升到更高的稳态水平。故而政府在推进两化融合的进程中,并不能简单地通过判断两化融合程度的高低、增长速度的快慢就改变政策力度,避免走入“融合速度下降——激励政策增强”的政策误区。

(3)两化融合的演化规律受到自然演化和政策推动两种力量的影响,在出台推进两化融合的政策时,需要根据两化融合的不同发展阶段给出强弱有

别的政策,主要遵循“弱政策——强政策——无政策”的政策路径。当经济系统处于两化融合的初级阶段,较弱的鼓励性政策即达到推动经济增长的目标,较强的政策激励只会带来更多的持平投资和更加沉重的政策负担。此时,更多地让两化融合的自然演化力量实现经济均衡更为明智。随着两化融合进入缓慢增长阶段,此时,自然演化的力量受制

于资源配置、利用等方面的约束,达到增长瓶颈,强而有力的推动政策的出台能够使经济系统达到更高的稳态水平。当两化融合进入到零增长区间时,工业化和信息化已经深度融合,资源利用效率、产业结构、经济增长模式已经进入理想模式,此时,不再需要政策支持,两化融合的激励政策可以退出。

参考文献:

[1] Acemoglu, D., Dorn, D., Hanson G. H., & Price, B., Return of the Solow Paradox? IT, Productivity, and Employment in US Manufacturing[R]. National Bureau of Economic Research, 2014.

[2] Dewan, S., & Kraemer, K. L. Information Technology and Productivity: Evidence from Country-level Data[J]. Management Science, 2000, (4): 548 - 562.

[3] Gust, C., & Marquez, J. International Comparisons of Productivity Growth: The Role of Information Technology and Regulatory Practices[J]. Labour Economics, 2004, (1): 33 - 58.

[4] Jorgenson, D. W. Information Technology and the US Economy[J]. American Economic Review, 2001, (1): 1 - 32.

[5] Jorgenson, D. W., & Stiroh, K. Computers and Growth[J]. Economics of Innovation and New Technology, 1995, (3 - 4): 295 - 316.

[6] Jorgenson, D. W., & Stiroh, K. J. Information Technology and Growth[J]. American Economic Review, 1999, (2): 109 - 115.

[7] Reis, A. B., & Sequeira, T. N. Human Capital and Overinvestment in R&D[J]. The Scandinavian Journal of Economics, 2007, (3): 573 - 591.

[8] 黄群慧, 贺俊. “第三次工业革命”与中国经济发展战略调整——技术经济范式转变的视角[J]. 北京: 中国工业经济, 2013, (1).

[9] 金江军. 两化融合的现状、经验和趋势分析[J]. 北京: 中国信息界, 2011, (10).

[10] 金培. 全球竞争新格局与中国产业发展趋势[J]. 北京: 中国工业经济, 2012, (5).

[11] 林毅夫. 后发优势与后发劣势——与杨小凯教授商榷[J]. 北京: 经济学(季刊), 2003, (7).

[12] 林毅夫, 张鹏飞. 后发优势、技术引进和落后国家的经济增长[J]. 北京: 经济学(季刊), 2005, (1).

[13] 林莉, 葛继平. 协同管理视角下的信息化与工业化融合路径研究[J]. 长春: 工业技术经济, 2012, (2).

[14] 芦彩梅, 梁嘉骅. 产业集群协同演化模型及案例分析——以中山小榄镇五金集群为例[J]. 北京: 中国软科学, 2009, (2).

[15] 万建香. 信息化与工业化融合路径 KMS——企业微观层面的传导机制分析[J]. 南昌: 江西社会科学, 2009, (12).

[16] 肖静华, 谢康, 周先波, 乌家培. 信息化带动工业化的发展模式[J]. 广州: 中山大学学报(社会科学版), 2006, (1).

[17] 谢康, 肖静华, 乌家培. 中国工业化与信息化融合的环境、基础和道路[J]. 北京: 经济学动态, 2009, (2).

[18] 谢康, 李礼, 谭艾婷. 信息化与工业化融合, 技术效率与趋同[J]. 北京: 管理评论, 2009, (10).

[19] 谢康, 肖静华. 工业化与信息化融合: 一个理论模型[J]. 广州: 中山大学学报(社会科学版), 2011, (4).

[20] 谢康, 肖静华, 周先波, 乌家培. 中国工业化与信息化融合质量理论与实证[J]. 北京: 经济研究, 2012, (1).

[21] 杨蕙馨, 冯文娜, 王军. 产业组织与企业成长——国际金融危机后的考察[M]. 北京: 经济科学出版社, 2015.

[22] 俞立平, 潘云涛, 武夷山. 工业化与信息化互动关系的实证研究[J]. 北京: 中国软科学, 2009, (1).

[23] 朱金周. 中国“两化”融合发展报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2011.



## The Integration of Information and Industrialization and Endogenous Economic Growth

YANG Hui-xin<sup>1</sup>, JIAO Yong<sup>2</sup>, CHEN Qing-jiang<sup>3</sup>

(1. School of Management, Shandong University, Jinan, Shandong, 250100, China;

2. School of Economics, Shandong University, Jinan, Shandong, 250100, China;

3. School of Business Administration, Shandong University of Finance and  
Economics, Jinan, Shandong, 250014, China)

**Abstract:** With the rapid growth of world economic, two significant characteristics have being emerged. First one is the rapid rise of industrialization once again. Second one is the wide use and application of information. Behind the story, all over the world, phenomenon of integration of information and industrialization are more and more obvious and clear. The advantage of latter comers is integration of information and industrialization and, what's more important, integration of information and industrialization can improve the efficiency of resource allocation, promote the transformation of economic growth and improve the quality of economic development. This article takes industrialization and information into co-evolution model and uses the cooperation coefficient to measure the integration of information and industrialization. Then, R - C - K economic growth model including the integration of information and industrialization has been introduced. The results show first, that the integration of information and industrialization can't bring the rising of effective output per capita, effective capital per capita and effective consumption per capita when the rate of integration of information and industrialization drops into a constant growth speed. But the integration of information and industrialization still produces the rising of total output, total capital and total consumption. The results show second, that the integration of information and industrialization brings the rising of effective output per capita, effective capital per capita and effective consumption per capita when the speed of integration has changing. Total output, total capital and total consumption will be accelerated growing. The results show third, that the convergence rate of the integration of information and industrialization has heterogeneity influence on effective output per capita. In the short term, effective output per capita has significantly characterized by u-shape as the policy changes. Effective output per capita will grow when the policy becomes strong in the middle term. In the long run, there hasn't any remarkable relation between effective output per capita and policy.

Through the analysis and research, this paper points out the following enlightenment. First, the integration of information and industrialization is not only a policy arrangement, but also a kind of production elements for economic growth. Firms should put integration of information and industrialization on equally important position as capital and labor. Second, the decline of the rate of integration of information and industrialization is not a sad story. The rate of integration of information and industrialization will be declined when the integration keeps in high level. The integration of information and industrialization will be changing from rapid growth stage to slow growth stage, because integration is not a linear growth pattern. Third, integration of information and industrialization is controlled by natural evolution and policy promoting. The policy follows mainly "weak policy-strong policy-no policy" path. Weak policy will be optimal when integration of information and industrialization in the early stage. Weak encouragement policy will promote economic growth target and strong policy incentives will only bring more policy burden. Strong policy can promote the economic system to a higher level when integration of information and industrialization goes into slow growth stage. When the integration of information and industrialization stay in zero growth range, economic growth mode has already entered into the ideal mode and incentive policy can exit.

**Key Words:** advantage of latter comers; integration of information and industrialization; co-evolution; endogenous economic growth

(责任编辑:月 才)