

# 中国经济增长的周期与波动的研究

## ——引入人力资本后的 RBC 模型

陈昆亭 龚六堂\*

**摘要** 本文以中国经济五十年(1952—2001年)实际经济数据为背景,在基本 RBC 模型中引入人力资本,考虑内生物质资本和人力资本的利用率来研究中国经济增长和波动的形成。内生人力资本利用率从根本上揭示了经济增长波动的内在传播机制。本文指出传统的单纯以物质资本利用率为基础解释波动机制的观点不足以充分解释波动的形成。而在引入人力资本及其利用率之后,连同物质资本才能真正解释经济增长波动机制的形成。

**关键词** 波动机制,传播机制,资本利用率,顺周期,反周期

### 一、引言

实际商业周期理论(RBC)于20世纪20年代提出,30年代因大萧条受凯恩斯理论的冲击而失宠,直到80年代才重新被广泛接受为宏观经济波动理论的正统研究方法,历时半个世纪。最近的十几年实际上是这一理论体系真正发育成进一步完美和成熟的理论的最重要的阶段。它在早期新古典增长理论框架下考虑单一实际冲击(技术冲击或政府需求等实际因素)的随机动态均衡框架,逐渐融合了货币冲击作为波动根源之一而广泛应用于货币经济学理论;融合了财政政策因素变量的冲击而广泛应用于财政政策问题的分析;融合了价格工资刚性假设探讨货币冲击的传播机制,资本调整成本,劳动调整成本(合同类模型和 search 模型),跨期替代增加内在的传播机制。在理性预期假设的不确定均衡框架下,太阳黑子冲击作为独立的冲击源,增加了波动机制的解释力。这一体系融合价格理性预期应用于货币模型,增加了货币模型的传播机制的解释力。近20年来的这些研究基本上解释了波动现象中的主体部分。这些研究基本上都是以基本 RBC 模型框架为基础,不断补充改进和完善的,因而习惯上仍把这类研究归为 RBC 类型的研究,但实际上早已超越了基本 RBC 模型的基本内涵,所以把这类研究称为广义商业周期理论似乎更为恰当一些。

\* 陈昆亭,山东大学中国经济研究中心;龚六堂,北京大学光华管理学院。通信作者及地址:龚六堂,北京大学光华管理学院应用经济学系,100871;E-mail:ltgong@gsm.pku.edu.cn。本文的研究受到国家自然科学基金的资助(项目编号:70271063)。作者感谢审稿人和姚洋对本文的有益建议,同时也感谢参加第三届中国青年经济学者论坛的代表对本文提出的修改意见。当然,作者文责自负。

纵观现代商业周期理论的发展,可以发现,诸多的研究基本上沿着两条主要线索交叉发展起来的,一个是集中于内生粘持性的传播机制问题的研究,另一个是关于波动机制的讨论。其中对于第一个问题的研究很多,如上所示,但对于第二个问题的讨论多集中于波动根源的探讨,而对于波动过程本身的剖析研究不够。这成为本文的一个动机。

本文的另一目的是探讨适合中国经济的周期模型。一个好的模型就是要对实际经济现象模拟解释得好。实际商业周期模型的一个基本预测是:就业是高度顺周期的。这一结论似乎并不符合我国经济实际。我国经济实际数据显示:就业是近似非周期的,至多弱顺周期。为什么会出现这样的问题呢?这当然与我国自身的特殊性有关,这就需要研究适合我国情况的模型,或者说,需要寻求具有更加一般性的而且反映更多因素信息的模型,一句话,需要更好的解释力。

据此,本文的基本思想是在基本 RBC 模型中引入人力资本,构建成两部门模型,即物质资本生产部门和人力资本生产部门,分别服从不同的生产关系。而两部门又相互支持,人力资本生产为物质生产不断再生劳动和高能劳动,而物质生产部门又为人力生产提供再生物质基础。这一思想的产生是受两种思想的启发:一是,马克思主义的观点强调劳动在资本的生产中的决定性作用,而且现代西方经济学研究中,劳动的弹性份额也一般在  $2/3$  以上,但我国经济中的这一份额相对较低,这是一个不解之题;另一启发来自 Cogley 和 Nason(1995)的工作,他们的研究指出,通常的依赖资本调整成本类型的模型解释实际经济中粘持性的思想是对的,但仅有理论意义,实际上,解释力度有限,远不能充分解释实际存在的粘持性的强度,其内在原因是,资本调整成本的本质是通过新生资本—投资,来承载系统信息滞后的,但投资相对与实际总资本存量来说太小了,其实际影响力很有限。上述两种问题的综合,让我们容易猜想,人力资本应当是关键的因素。它不但应当能够解决 Cogley 和 Nason(1995)的问题,而且,还应能改善基本 RBC 模型对我国就业问题的解释。另外,从技术上,Benhabib 和 Farmer(1996)利用两部门模型(两不同物质生产部门),证明了在一个部门存在递增规模回报技术,则存在不确定均衡解,Benhabib 和 Farmer(1998)又进一步证明了在一个部门增,一个部门减,而保持总体常规模回报条件下,也存在不确定均衡解,因而,我们修正他们的模型为物质生产部门和人力生产部门的两部门模型,可以估计解的存在性问题应能解决。本文的研究结果将会证实我们的猜想。

为了准确剖析和解释波动机制,根据 Greenwood 和 Huffman(1988)的思想,我们把资本利用率内生。Greenwood 和 Huffman 提出,投资的边际有效性对于产生波动是重要的,新技术仅影响新资本的形成,不改变已存在的资本的生产性,资本利用率越高,折旧率就越高。这一思想是对的,但仅利用物质资本解释波动机制是不充分的,因此本文拟将这一思想推广到人力资

本以完美对波动机制的描述。

本文的安排如下：在第二部分我们比较了经济波动机制的模型；在第三部分，基于传统的 RBC 模型，我们建立了引入人力资本的模型，同时讨论了均衡的存在性；在第四部分，通过数值方法讨论了均衡点及其稳定性；第五部分，我们讨论了模拟结果的解释与比较；在第六部分，我们给出了本文的结论。

## 二、经济波动的形成

现代波动理论的主体框架模式为：冲击→放大→持续性。因而冲击是波动的源头。这里冲击包括：技术的，偏好的，货币或财政政策的，消费和投资的以及其他形式的自发冲击等。没有外生冲击的情况下，经济收敛与平衡增长的均衡路径上。不同的冲击源也常被用于划分不同的波动经济模型，这些依冲击源而区分的不同的模型一般也有不同的传播机制，例如，货币模型要以价格为载体；偏好的，消费需求的，要依靠理性预期背景；传统技术冲击的模型常以资本和跨期替代为工具。

现代宏观的一般结论指出，货币仅有短期效应，长期内，经济调整到使总体价格同比例与货币增长的水平。因而，本文不予考虑货币效应。对于偏好反面的，类似“太阳黑子”（sunspots）类型的冲击，很多经济学家并不相信这种信念方面的东西会对经济有多大实际影响。因而，本文不考虑这方面的影响。

早在 20 世纪 80 年代，就有一批实际派的经济学家如 Kydland 和 Prescott (1982), Prescott (1986), Long and Plosser (1983) 等坚持实际冲击为惟一冲击源。Prescott (1986) 还指出，惟一实际技术冲击的 RBC 模型即可解释波动的 80%。因而，下面仅以实际技术冲击为出发点分析，但不同于传统思想，我们将超越简单跨期替代的解释半径。

在叙述波动形成之前，我们为方便起见，先归结几个命题或假设：

命题 1 技术进步仅影响新资本的生产性，一个正的技术冲击增加（下期）物质资本的边际产出。

命题 2 资本（物质的或人力的）利用率越高，折旧率就越高。

命题 3 每期新生人力资本效能为独立同分布的平稳过程。

前两个命题的思想来自于 Greenwood 和 Huffman (1988) 的阐述，不同的是命题 2 推广到了人力资本，对此，我们的解释是这样的：如果假定每个自然人每期的时间禀赋相同有限为一单位，可以用于生产物质资本和消费品，也可以用于学习知识和锻炼身体以提高自己的劳动效率和能力，当经济高涨时，充分就业的人们忙于物质生产部门的工作，没有充分的时间充电，因而，

在知识爆炸的时代,落伍更快是必然的;相反,在经济萧条时,工作的强度和机会低,人们一方面客观上有时间充电,另一方面为了获得工作(此时工作的竞争力空前的高)也被迫努力学习以提高自己,平均而言,此时人们落伍就慢一些。命题3的提出是技术性的,是自然人力资本均衡陈旧以及陈旧率为常数的充分性条件。

现在来看引入技术进步之后,经济中发生了哪些反应呢?

我们首先假定经济处于平衡增长的均衡状态。经济繁荣初期,失业率相对较高,劳动成本较低,高质量的人力资本相对密度也高,一旦出现技术进步,必然进一步改善投资环境(命题1),经济中预期有利可图的投资机会浮出水面,经济中理性的代表性个人或家庭减少当期消费,增加投资(因为预期收入和增加部分的边际效用大于当期减少的那部分消费带来的效用——跨期替代效应)。经济中分散的家庭投资的增加表现为两种途径:直接的风险投资和相对无风险的银行储蓄行为,前者的增加依赖预期风险回报的折现值高于当期消费的边际效用,后者依赖于跨期均衡条件(或无套利机会)的要求——更高的利率(否则,风险投资与相对无风险投资之间出现套利机会)。利率的上升刺激当期劳动和储蓄的增加,经济逐渐活跃,产出增加,经济活动频繁,旧资本利用率增加,新资本不断形成,同时旧资本的折旧率也开始上升(命题2),以至于逐渐抵消边际资本回报。同时随着投资的增加(资本和劳动的结合),失业减少,经济中高质量的人力资本(高效劳动)密度开始降低(命题2,3),资本寻租相匹配劳动的成本上升,资本与劳动成功结合的概率下降,资本与劳动结合的预期边际获利能力下降,投资开始下降;另一方面,这期间,利率引发工资和价格的上升逐渐波及到更多的部门,以至于整个经济整体,这样新生投资成本逐渐提高,进一步降低了实际投资的边际回报率(或预期边际回报)。经济中的新生投资机会越来越少,新生资本占总资本存量比例开始下降,此时经济依然活跃,整体资本利用率依然很高(相对旧有资本利用率开始升高,比例增大),其结果是整体存量资本(包括物质资本和人力资本)的折旧率开始上升,而边际回报率不断下降。其实际经济结果是,经济繁荣达到高潮,最初技术冲击的效应渐失,第一轮的自然增长阶段结束。

接下来的故事大体同第一阶段的情形相反。当经济中平均资本边际回报率不断下降而穿越长期平均的均衡水平后,投资继续减少,预期不佳的资本开始抽逃,资本劳动组合不断解体,金融市场已先期萧条,利率面临压力,预期收入下降抑制消费进一步增长,产品积压,生产减少,失业增加,由于新生资本的减少,旧资本利用率进一步上升,折旧率同步升高,其结果是生产效率的进一步下降,资本劳动组合解体的增加,利率被迫不断下调。其影响是:一方面跨期替代效应增加当期消费;另一方面,预期收入效应抑制消费,两者的综合效应决定消费的走向。经济高潮走向衰弱的初期,前者占优,但预期收入效应逐渐增强;当经济下降至均衡水平时(此时资本边际产出从

而利率偏离平衡度也为零) 预期收入效应占优, 消费开始下降, 直到预期收入效应反向为止。

### 三、模型建立及解的讨论

假定经济中有许多理性的分散的相同的家庭或个人, 每期拥有一单位劳动禀赋, 可以用于物质资料的生产或人力资本的生产, 考虑最大化其生命期望最大化问题:

$$(I) \max_{\{c_{t+j}\}} E_{t-2} \left\{ \max_{\{k_{t+j}, e_{t+j}, x_{t+j}\}} E_{t-1} \left\{ \max_{\{c_{t+j}, e_{t+j}\}} E_t \left\{ \sum_{j=0}^{\infty} \beta^{t+j} \log c_{t+j} \right\} \right\} \right\}, \quad (1)$$

受约束于

$$\gamma k_{t+j+1} - (1 - \delta_{t+j}) k_{t+j} + c_{t+j} + g_{t+j} \leq y_{t+j}, \quad (2)$$

$$\gamma h_{t+j+1} - (1 - \eta_{t+j}) h_{t+j} \leq \varphi_{t+j}, \quad (3)$$

$$y_{t+j} = A_{t+j} (e_{t+j} k_{t+j})^{1-\alpha} (x_{t+j} h_{t+j})^{\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1, \quad (4)$$

$$\varphi_{t+j} = B_{t+j} + g_{t+j}^{\theta_1} ((1 - x_{t+j}) h_{t+j})^{\theta_2}, \quad 0 < \theta_i < 1, \quad i = 1, 2, \quad (5)$$

$$\delta_{t+j} = \frac{1}{a} e_{t+j}^a, \quad a > 1, \quad e_{t+j} \in (0, 1), \quad (6)$$

$$\eta_{t+j} = \frac{1}{b} x_{t+j}^b, \quad b > 1, \quad x_{t+j} \in (0, 1), \quad (7)$$

$$\log A_t = \rho \log A_{t-1} + \varepsilon_t, \quad B_t, \varepsilon_t \text{ 独立服从 } N(0, \sigma), \quad (8)$$

这里所有小写字母表示的变量都已经消去了人口和自然趋势增长后的量,  $\gamma$  表示此趋势参数,  $c_t$  代表物质消费,  $g_t$  代表锻炼及学习提高的消费,  $e_t$  和  $x_t$  代表两种资本利用率。

方程 (1) 定义代表性家庭的期望效用, 它隐含了下面两个假设:

假设 (a): 只有消费经济中惟一物质消费品  $c$  才能带来效用。

假设 (b): 所有家庭可当期决定消费和物质资本利用率, 需早一期决定物质资本的投资和人力资本的物质消费和利用率才能对当期经济有贡献, 需提前两期决定人力资本的投资才能对当期有影响 (即劳动比资本有更长的投资周期)。

方程 (2) 和方程 (3) 分别为两种资本的资源约束消去趋势后的方程,  $y_t$  和  $\varphi_t$  分别表示两种资本的生产产出。方程 (4) 和方程 (5) 隐含了下面的假设条件:

假设 (c): 物质资本的生产技术为常规模回报, 决定于两种资本的有效利用量, 受外部技术冲击  $A_t$  的影响。

假设 (d): 人力资本的形成取决于两个部分: 随机的自然再生客观部分

$B_t$  和 (认为努力可生的) 主观部分, 后者是两种资本投入量的函数。  $\theta_1$  和  $\theta_2$  分别表示两种资本的贡献弹性, (当  $\theta_1 + \theta_2 = 1$  时为常规规模回报,  $>1$  时为增规模回报)。

假设 (e): 人力资本 (劳动) 对于两部门的应用是完全替代的 (即, 闲置的部分即全部用于另一部门)。

由方程 (6) 和方程 (7) 定义的  $\delta$  和  $\eta$  分别为物质资本和人力资本的折旧率, 参与描述物质资本  $k$  和人力资本  $h$  的跨期替代效应。依命题 2, 它们分别是物质资本利用率  $e_t$  和人力资本利用率  $x_t$  的增函数 (由命题 2)。参数  $a$  和  $b$  表示弹性。为简单起见, 本文把  $B_t$  看做平稳的常量, 只有水平效应, 没有波动影响。方程 (8) 表示外生技术服从 AR(1) 过程。

#### 四、随机动态问题解的存在性问题讨论

设  $K=[0, +\infty)$ ,  $H=[0, +\infty)$  分别表示模型状态变量  $k$  和  $h$  的取值空间,  $K$  和  $H$  分别为其 Borel 代数,  $Z=[\underline{z}, \bar{z}]$  表示外生随机技术冲击的状态空间,  $Z$  为其 Borel 代数, 定义  $(S, S)=(K \times H \times Z, K \times H \times Z)$  则为可测乘积空间, 定义  $Q$  为可测空间  $(Z, Z)$  上平稳转换函数, 设  $\Gamma: K \times H \times Z \rightarrow K \times H$  为状态约束对应, 即  $\Gamma(k_t, h_t, z_t)$  表示当期状态变量为  $k_t, h_t, z_t$  时下一期内生状态变量的可选集, 则显然  $\Gamma$  由方程 (2) 和方程 (3) 定义。

定义  $\Gamma$  的图为:

$$A = \{(k, k', h, h', z) \in K \times K \times H \times H \times Z \mid (k', h') \in \Gamma(k, h, z)\},$$

由此可定义单期回报函数  $F: A \rightarrow R$  为:

$$F(k, k', h, h', z) = \max_{(k', h') \in \Gamma(k, h, z), c \in R} \log c.$$

根据以上定义易得下面结论:

推论 1  $\Gamma$  为非空, 连续的对应; 它的图可测, 而且存在可测选择。

推论 2  $F: A \rightarrow R$  为  $\mathcal{D}$ -可测,  $\mathcal{D}$  为  $A$  的  $\sigma$ -代数,  $F \geq 0$ , 连续。

这样, 由 Stokey 和 Lucas (1989) 中定理 9.2 及定理 9.12, 我们知道最优问题 (I) 等价于下面的泛函方程问题 (II), 且存在惟一解。

$$(II) \quad v(k, h, z) = \sup_{(k', h') \in \Gamma(k, h, z)} \left\{ F(k, k', h, h', z) + \beta \int_Z v(k', h', z') Q(z, dz') \right\},$$

<sup>1</sup> 实际上, 这里已经应用了 Lucas (1988) 的人力资本模型中  $x_t$  的规定。

这样，我们得到一阶条件及横截性条件：

$$c_t^{-1} = \lambda_t, \quad (9)$$

$$E_{t-1}\{\beta\lambda_t[y'_{ht} + 1 - \delta_t] - \gamma\lambda_{t-1}\} = 0, \quad (10)$$

$$E_{t-2}\{\beta\lambda_{t-1}y'_{ht-1} + \omega_{t-1}[\varphi'_{ht-1} + 1 - \eta_{t-1}] - \omega_{t-2}\gamma\} = 0, \quad (11)$$

$$y'_{et} - \delta'_t k_t = 0, \quad (12)$$

$$E_{t-1}\{\lambda_{t-1}y'_{xt-1} + \omega_{t-1}[\varphi'_{xt-1} - \eta'_{t-1}h_{t-1}]\} = 0, \quad (13)$$

$$E_{t-1}\{\lambda_{t-1} - \omega_{t-1}\varphi'_{gt-1}\} = 0, \quad (14)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \beta k_{t+1} \lambda_t = 0 \quad \text{和} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} h_{t+1} \omega_t = 0. \quad (15)$$

根据这些条件，我们可以决定经济的主要宏观变量。为了得到对数线性化的系统，我们不讨论均衡点的存在性问题。下面我们来具体分析。由动态最优条件(9) — (14)及资源约束条件(2)和(3)，我们知道均衡点满足下面的条件：

$$\alpha\theta_1(\varphi/g) \cdot (y/h) - \theta_2(\varphi/h) \cdot \frac{x}{1-x} - x^b = 0, \quad (16)$$

$$\alpha\theta_1(\varphi/g) + \theta_2(\varphi/h) + \left(1 - \frac{1}{b}x^b\right) - \gamma/\beta = 0, \quad (17)$$

$$\varphi/h = \gamma + \frac{1}{b}x^b - 1, \quad (18)$$

$$(1 - \alpha)y/k = e^a, \quad (19)$$

$$(1 - \alpha)y/k + 1 - e^a/a = \gamma/\beta, \quad (20)$$

$$(\gamma + e^a/a - 1)k/y + c/y + g/y = 1. \quad (21)$$

根据方程(19)和(20)可以惟一决定  $y/k$  和  $e$  (用星号表示稳态值)：

$$e^* = [(\gamma/\beta - 1)(1 - 1/a)]^{\frac{1}{a}}, \quad (22)$$

$$\left(\frac{y}{k}\right)^* = \frac{\gamma/\beta - 1}{(1 - \alpha)(1 - 1/a)}. \quad (23)$$

由方程(16),(17)和(18)可以得到关于  $x$  的代数方程：

$$\frac{\gamma}{\beta} - 1 + \theta_2(1 - \gamma) = \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1\right)x + \left(1 - \frac{1}{b} + \frac{\theta_2}{b}\right)x^b - \left(1 - \frac{1}{b}\right)x^{b+1}, \quad (24)$$

定义方程(24)右端的函数为  $f(x)$ ,  $x$  的有意义区间为  $[0, 1]$ ; 定义方程(24)左端的常数为  $R$ 。因为  $f(x)$  在  $[0, 1]$  上连续，而且满足  $f(0) = 0$ ,  $f(1) = \gamma/\beta - 1 + \theta_2/b > R$ , 所以，方程(24)在  $[0, 1]$  上有至少一个解。进一步，当  $\theta_2 \geq 1 - 1/b$  时，函数  $f(x)$  在  $[0, 1]$  上单调递增，因此这个解还是惟一的。这样，系统存在惟一的均衡解(因为，根据惟一决定的  $x$  值，由方

程(18)可以惟一决定  $\varphi/h$ , 进而由方程(17)和(16)决定惟一的  $\varphi/g$  和  $y/g$ 。再由方程(21)惟一解得  $c/y$ , 从而系统的均衡解是惟一的。这样, 我们得到下面的结论:

性质1 若  $\theta_2 \geq 1 - 1/b$ , 系统存在惟一的均衡点, 其中  $x^*$  由方程(24)决定, 其余变量为:

$$\eta^* = \frac{1}{b}(x^*)^b, \quad \delta^* = \frac{1}{a}(e^*)^a, \quad \left(\frac{\varphi}{h}\right)^* = \gamma + \eta^* - 1, \quad (25)$$

$$\left(\frac{y}{g}\right)^* = \left[(x^*)^b \gamma / \left(\frac{\varphi}{h}\right)^* + \theta_2 \frac{x^*}{1-x^*}\right] \frac{1}{\theta_1 \alpha}, \quad (26)$$

$$\left(\frac{k}{h}\right)^* = \frac{x^*}{e^*} \left[\left(\frac{y}{k}\right)^* / e^*\right]^{-\frac{1}{\alpha}}, \quad \left(\frac{y}{h}\right)^* = \left(\frac{y}{k}\right)^* \left(\frac{k}{h}\right)^*, \quad (27)$$

$$\left(\frac{c}{y}\right)^* = 1 - (\gamma + \delta^* - 1) \left\{ \left(\frac{k}{y}\right)^* - \left(\frac{g}{y}\right)^* \right\}. \quad (28)$$

## 五、参数选取、模型的求解以及稳定性分析

在上面, 我们已经得到了模型解的存在性, 而且得到了均衡点的存在性和惟一性。在本部分, 我们在上面讨论的基础上来讨论数值解法, 同时, 也考虑收敛性稳定问题和参数的选取问题。这些问题对于一个模型的适用性, 可行性等都是重要的, 实际上就是整个模型问题的一部分, 因而是不可少的。常用的对数线性化方法的思想是沿稳态路径一阶线性近似各系统方程, 得到系统变量沿稳态路径近似偏离量的近似线性方程, 这种方法的收敛性及稳定性因逼近阶数较低, 必然不会太好, 但阶数太高又会增加复杂性, 成本很高, 因而许多经济学家回避这方面问题的讨论, 这不利于问题的解决, 本文仍依赖常用的一阶逼近, 但证明了在合理的参数值范围内, 近似模型系统的稳定性。

上一部分中最优条件(9) — (14) 消去影子价格整理易得下面四个方程, 其中已使用期望运算法则:  $E_{t-2}E_{t-1} = E_{t-2}$ , 得到

$$E_{t-1} \left\{ (1-\alpha)y_t/k_t + 1 - \frac{1}{a}e_t^a - \frac{\gamma}{\beta}c_t/c_{t-1} \right\} = 0,$$

$$E_{t-2} \left\{ \alpha y_{t-1}/h_{t-1} \theta_1 \varphi_{t-1}/g_{t-1} + \left[ \theta_2 \varphi_{t-1}/h_{t-1} + 1 - \frac{1}{b}x_{t-1}^b \right] \right. \\ \left. - \frac{\gamma}{\beta} (c_{t-1}/c_{t-2}) \left( \varphi_{t-1}/g_{t-1} \right) \left( g_{t-2}/\varphi_{t-2} \right) \right\} = 0,$$

$$(1-\alpha)y_t/k_t = e_t^a,$$

$$E_{t-1} \left\{ \theta_1 (\varphi_{t-1}/g_{t-1}) \alpha (y_{t-1}/x_{t-1}) - \theta_2 (\varphi_{t-1}/(1-x_{t-1})) - x_{t-1}^{b-1} h_{t-1} \right\} = 0.$$



把上述四个方程对数线性化，得到（带尖号的量近似稳态偏离量，例  $\hat{c}_t = \log \frac{c_t}{c}$ ， $c$  为均衡量，已利用静态均衡条件化简）：

$$E_{t-1} \left\{ \hat{y}_t - \hat{k}_t - \hat{e}_t - \frac{\gamma}{\beta} e^{-\alpha \hat{c}_t} + \frac{\gamma}{\beta} e^{-\alpha \hat{c}_{t-1}} \right\} = 0, \quad (29)$$

$$E_{t-2} \left\{ (\delta - 1) \hat{\varphi}_{t-1} + \left( \frac{\gamma}{\beta} + \eta - 1 - \theta_2 \frac{\varphi}{h} \right) \hat{y}_{t-1} + \left( \theta_2 \frac{\varphi}{h} + 1 - \eta \right) \hat{g}_{t-1} - \left( \frac{\gamma}{\beta} + \eta - 1 \right) \hat{h}_{t-1} - b\eta \hat{x}_{t-1} - \frac{\gamma}{\beta} \hat{c}_{t-1} - \frac{\gamma}{\beta} (\hat{g}_{t-2} - \hat{\varphi}_{t-2} - \hat{c}_{t-2}) \right\} = 0, \quad (30)$$

$$\hat{y}_t - \hat{k}_t - a \hat{e}_t = 0, \quad (31)$$

$$E_{t-1} \left\{ x^b \hat{\varphi}_{t-1} + \left( \theta_2 \frac{\varphi}{h} \cdot \frac{x}{1-x} + x^b \right) \hat{y}_{t-1} - \left( \theta_2 \frac{\varphi}{h} \frac{x}{1-x} + x^b \right) \hat{g}_{t-1} - x^b \hat{h}_{t-1} - \left[ \theta_2 \frac{\varphi}{h} \frac{x}{(1-x)^2} + b x^b \right] \hat{x}_{t-1} \right\} = 0. \quad (32)$$

同理对资源约束条件（2）和条件（3）和生产函数（4）和生产函数（5）线性化得到（外生冲击变量均衡值的大小只有水平效应，为简单都假定为 1）：

$$\gamma \hat{k}_{t+1} = \frac{\gamma}{k} \hat{y}_t - \frac{c}{k} \hat{c}_t - \frac{g}{k} \hat{g}_t + \left( 1 - \frac{1}{a} e^a \right) \hat{k}_t - e^a \hat{e}_t, \quad (33)$$

$$\gamma \hat{h}_{t+1} = \frac{\varphi}{h} \hat{\varphi}_t + \left( 1 - \frac{1}{b} x^b \right) \hat{h}_t - x^b \hat{x}_t, \quad (34)$$

$$\hat{y}_t = \hat{A}_t + (1 - \alpha \chi) \hat{e}_t + \hat{k}_t + \alpha (\hat{x}_t + \hat{h}_t), \quad (35)$$

$$\hat{\varphi}_t = \hat{B}_t + \theta_1 \hat{g}_t + \theta_2 \hat{h}_t - \theta_2 \frac{x}{1-x} \cdot \hat{x}_t, \quad (36)$$

外生扰动方程：

$$\hat{A}_t = \rho \hat{A}_{t-1}, \quad \hat{B}_t = 0. \quad (37)$$

定义  $X = (c, \kappa, g, x, e, \gamma, k, h, A, B)^T$ ，则解方程（29）—方程（37）的关键在于求解下方程：

$$M \cdot E_{t-2} \hat{X}_{t-1} = N \cdot \hat{X}_{t-2}. \quad (38)$$

实际上在  $t-2$  期， $\hat{X}_{t-1}$  的部分分量已知，但对解方程没影响。然后重复计算即可：

$$M \cdot E_{t-1} \hat{X}_t = N \cdot \hat{X}_{t-1}, \quad M \cdot \hat{X}_t = N \cdot \hat{X}_{t-1}.$$

所以，算法的稳定性取决于方程（38）的系数矩阵  $M$ ， $N$ 。简单计算易

知,  $M, N$  有下 6:4 的分块表示:

$$M = \begin{bmatrix} A_{6 \times 6} & B_{6 \times 4} \\ O_{4 \times 6} & D_{4 \times 4} \end{bmatrix}, \quad N = \begin{bmatrix} P_{6 \times 6} & O_{6 \times 4} \\ W_{4 \times 6} & V_{4 \times 4} \end{bmatrix}, \quad (39)$$

其中  $O$  表示零矩阵,  $D, V$  为对角阵, 简单计算得到方程 (38) 可改写为 (为简单省去期望符号):

$$\begin{aligned} AX_1^{t+1} + BX_2^{t+1} &= PX_1^t, & DX_2^{t+1} &= WX_1^t + VX_2^t, \\ X_1^{t+1} &= A^{-1}(P - BD^{-1}W)X_1^t - A^{-1}BD^{-1}VX_2^t, \\ X_2^{t+1} &= D^{-1}WX_1^t + D^{-1}VX_2^t, \end{aligned}$$

或者写为

$$X^{t+1} = \begin{bmatrix} I & -A^{-1}B \\ O & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A^{-1}P & O \\ D^{-1}W & D^{-1}V \end{bmatrix} X^t. \quad (40)$$

记第二个矩阵为  $J$ , 则式 (40) 收敛性取决于  $J$ , 而  $J$  的特征值集为  $A^{-1}P$  和  $D^{-1}V$  的特征值集的并,  $D^{-1}V$  仍为对角阵, 对角线元素即为特征值, 简单计算知分别为  $(1 - \delta^*) \gamma$ ,  $(1 - \delta^*) \rho \gamma$  和  $0$ ,  $\gamma$  为趋势率大于 1,  $\rho$  为外部冲击自相关系数, 小于 1,  $\delta^*$  为物质资本均衡折旧率, 大于 0, 小于 1, 所以,  $D^{-1}V$  的特征值全部小于 1。  $A^{-1}P$  的特征值估计稍微麻烦, 但注意到  $P$  的特点就简单了, 实际上,  $P$  只在前两行, 前 3 列的少数几个位置上非零, 所以, 虽然  $A$  为满秩可逆的, 但  $A^{-1}P$  为高度降秩的, 计算知其仅有两个非零特征值, 其中一个为 1, 另一个不确定, 由此,  $A^{-1}P$  和  $D^{-1}V$  的特征值至多有一个大于 1, 此时为鞍点稳定的, 当  $A^{-1}P$  的另一个特征值也小于 1 时, 为吸引稳定解。由此我们有结论:

性质 2 模型给出的经济中, 均衡点是鞍点稳定的, 当  $A^{-1}P$  的特征值都不大于 1 时有吸引解。

## 六、参数校正与试验

根据实际和经验结论, 我们选取的参数取值见表 1。

在表 1 中  $\gamma$  代表劳动和技术的趋势增长率, 1.004—1.008 是常用估计 (例: King 和 Rebelo (1999)), 而且, 总体长期平均而言应是大范围一致的, 本文试验表明, 模型结果对其不敏感;  $\alpha$  代表劳动产出弹性份额, 我国学者计算结果或使用值差别很大, 从 0.016 到 0.6 不等。国外学者多用 2/3 (就美国经济)。本文研究认为, 当劳动人数考虑在内时, 0.6 是大体合理的, 当消除劳动增长因素后, 劳动量仅代表劳动时间或就业水平时, 这一数据应大大减小, 而且实际上在我国劳动资源相对过剩, 资本相对稀缺的情况下, 劳动产出弹性是应该远远小于这个数据的。本文做简单校正实验, 得出长期平均 0.2 水平是比较合理的,

但如果仅考虑近十年可能 0.4 是合理的； $\beta$  代表折现率，一般采用 0.98 水平； $\rho$  为外生技术冲击粘持系数，采用实际 Solow 剩余中所显示的水平； $\theta_1$  表示物质资本用于人力资本投入的部分对人力资本的贡献弹性，这一数据没有可参考的数据，大量的数据试验表明，系统对此参数不敏感，在 0.4—0.6 之间是无差异的； $\theta_2$  表示用于人力资本改进的劳动对人力资本的生产弹性，试验表明应不小于 0.8，才能有较好的稳定性； $A$  代表均衡技术水平，此参数只有水平效应，没有波动影响，简单取 1，同理  $B$  也取为 1； $a$  和  $b$  分别为两种资本折旧率关于资本利用率的弹性参数，他们的选取是试验性的，他们被选以使资本折旧率和资本利用率同时在合理的范围内，这一要求使得我们花了最多的时间来试验这组数据，下表是模型内生出的参数数据：

表 1 参数数据表

参数	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\rho$	$\theta_1$	$\theta_2$	$a$	$b$	$A$	$B$
取值	1.006	0.2—0.4	0.98	0.76	0.4—0.6	0.8	1.28	4.5	1	1

表 2 模型内生参数表

参数	$e^*$	$x^*$	$\delta^*$	$\eta^*$
取值	0.4027	0.2039	0.1020	0.0037

在表 2 中，资本利用率一致与一般估计，折旧率一致与我国短期实际利率，人力资本利用率近似于于就业率，人力资本折旧率似乎仅有技术意义。

## 七、模型经济结果分析与比较

引入人力资本到基本 RBC 模型中（下称为 HRBC 模型），有两个问题需要回答，一是 HRBC 模型直接和实际经济比较看，能否较好地预测实际经济？二是和基本 RBC 模型（下称 BRBC 模型）比较看，到底对 BRBC 模型经济的预测结果有没有改进呢？为此，我们也给出实际经济的部分宏观经济总量的数据统计特征以及 BRBC 模型的相应部分预测结果。其中，实际经济数据结果所用原数据全部从各期《统计年鉴》查得，计算结果是本文作者其他文章中的结果（待发表），所用滤波算子是 Band-pass(2, 8)，截断长度为 5 年，美国经济为季度数据，Baxter 和 King (1994) 分析指出美国经济在 Band-pass(6, 32) 滤子下，截断长度不低于 16 季效果最好，此后许多作者都使用了它，例如：Stock 和 Watson (1999)。本文采集的我国数据为年度数据，这样对应于我国年度数据情况下最佳滤波段应是一年半到八年，但一年半无法取，最好的滤波段应是二到八年或一到八年，最合适的截断长度为  $k=5$ 。我们的计算结果及图形比较也证明了这一估计。其中，消费，就业和工资数据年限为 1978—2001，数据资源有限，可能存在一定误差。BRBC 部分结果也是本

文作者其他文章中的结果(待发表),为了节省篇幅,而且考虑到本文的重点是 HRBC 模型,这里,对另两部分计算不作详细介绍了(有兴趣者,可直接联系作者索要)。

为了方便比较,我们将三个方面的数据分成四部分,集中于一个表中。见表 3。

表 3 中国经济时间序列周期性格描述,1952—2001

标准差	同产出的横向相关 $\text{cor}(x(t), y(t+k))$													
	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	
Part-1 总产出比较														
Real-Y	0.0800	0.01	-0.18	-0.26	-0.11	0.28	0.76	1.00	0.76	0.28	-0.11	-0.26	-0.18	0.01
HRBC-Y	0.0754	0.15	-0.04	-0.20	-0.12	0.19	0.65	1.00	0.65	0.19	-0.12	-0.20	-0.04	0.15
BRBC-Y	0.0955	0.14	-0.01	-0.14	-0.05	0.24	0.68	1.00	0.68	0.24	-0.05	-0.14	-0.01	0.14
Part-2 实际经济数据总量同产出关系														
总就业	0.0267	0.20	0.44	0.47	0.27	0.08	-0.00	0.01	0.09	0.12	-0.09	-0.34	-0.43	-0.40
第一部门就业	0.0370	0.35	0.59	0.60	0.35	0.05	-0.17	-0.25	-0.18	-0.09	-0.17	-0.03	-0.33	-0.27
第二部门就业	0.0228	-0.23	-0.14	-0.02	0.03	0.14	0.32	0.44	0.47	0.38	0.08	-0.24	-0.37	-0.47
第三部门就业	0.0339	-0.38	-0.22	-0.10	-0.07	0.13	0.44	0.67	0.71	0.53	0.16	-0.19	-0.37	-0.44
消费	0.0222	-0.58	-0.20	0.15	0.28	0.25	0.18	0.13	0.12	0.28	0.38	0.23	-0.03	-0.31
Part-3 HRBC 模型预测经济总量同总产出的共动性														
HRBC-X	0.0037	-0.09	-0.22	-0.16	0.12	0.19	0.31	0.36	0.47	0.58	0.37	0.08	-0.18	-0.22
HRBC-E	0.0050	-0.15	0.04	0.19	0.10	-0.21	-0.67	-0.99	-0.62	-0.13	0.18	0.25	0.08	-0.12
HRBC-H	0.0001	-0.17	-0.10	-0.11	-0.21	-0.35	-0.41	-0.27	0.11	0.50	0.67	0.64	0.49	0.34
HRBC-G	0.0878	0.20	0.05	-0.14	-0.18	0.04	0.47	0.91	0.90	0.45	0.02	-0.17	-0.12	0.07
HRBC-C	0.0054	0.03	-0.02	-0.15	-0.24	-0.19	0.05	0.45	0.67	0.68	0.56	0.42	0.34	0.32
Part-4 BRBC 模型预测经济总量同总产出的共动性														
消费与产出	0.0267	0.01	0.05	-0.04	-0.09	-0.01	0.25	0.61	0.79	0.75	0.59	0.42	0.32	0.29
投资与产出	0.01171	0.14	-0.02	-0.15	-0.06	0.23	0.67	0.99	0.67	0.21	-0.11	-0.20	-0.06	0.13
劳动与产出	0.1634	0.14	-0.04	-0.15	-0.03	0.29	0.70	0.96	0.53	0.02	-0.29	-0.34	-0.15	0.05
利率与产出	1.328	-0.02	-0.13	-0.00	0.32	0.71	0.90	0.42	-0.11	-0.41	-0.43	-0.22	0.00	0.08

表 3 的第一部分为总产出的比较。基本上,HRBC 同 BRBC 差不多,都比较好的预测出了实际经济总产出的特征。第一列为 RBC 文献中常说的易变性(volatility),即标准差的估计,BRBC 的结果略大于实际经济,HRBC 的略小于实际的,以 HRBC 的更接近一些。后面的各列为零期前后各 6 期的数据时间序列的自相关性估计,两模型经济的预测趋势关系是相似的,基本上给出了好的预测。

表 3 的第二部分为实际经济数据结果。由于可查到的数据有限,我们仅给出就业和消费以进行比较。一个明显的问题是,各部门实际就业存在很大的不同的特征。大约以 1978 年为分水岭,1978 年之前,我国经济以农业为主;1978 年之后,工业产值占 GDP 中的比例逐渐增高,而且,农业劳动也自 1978 年之后逐渐转移到另两个部门,这样,用不变的模型预测前后和横向有很大不同的经济,误差必然很大,但为节省计算成本,本文未做前后或部门的划分(不同部门的划分和前后或更细致的划分应更合理一些)。

表3的第三部分为HRBC模型的预测结果， $X$ 为人力资本的利用率，可以近似代表生产部门就业，和第四部分BRBC模型预测的劳动（即就业）同产出的相关性（即共动性）相比，要接近于实际多了，因为，我们看到，实际经济中，没有一个部门或总体就业呈现出极高的同总产出的共动性关系，这说明，我们最初的估计是对的，即人力资本的引入的确改善了对三大宏观总量之一的就业的预测。而且，实际上也验证了我们拟想的经济波动机制的合理性。

另外，HRBC模型对消费的预测也比BRBC模型的结果更逼近实际。从附录中的图2可以看出，HRBC对实际经济的模型非常好。而且，内生折旧和利用率的HRBC模型给出更丰富的预测内容，如：通过内生的物质资本利用率可以预测资本折旧率，利用资本折旧率又可预测实际利率等。在本文中，人力资本的合理解释是抽象的有效劳动，不同于一般RBC模型中简单地用劳动时间解释劳动，这里的有效劳动不但要有劳动时间的含量，还更强调劳动者的效率和效能，这种效率效能的实现，在本文中的解释也不同于一般传统认识，传统生产关系设定中，技术被独立分离出来，服从独立关系，这里，我们强调劳动效率效能的实现与劳动的载体——人是不可分的，至少是不完全可分的，是与劳动者的状态紧密相连的。因而，实际上，人力资本的内涵包含技术劳动的主要含义（例如，劳动者的知识技术会因为知识的更新和技术进步而陈旧，从而，劳动者身体等其他条件不变的情况下，劳动者所能提供的单位时间的劳动效能或有效劳动一样会降低等，所以我们认为“劳动”不能仅仅理解为劳动人数或劳动时间，更不能同他的载体——人，分离开来）。在这样的意义下，传统生产关系中的“劳动”广义为人力资本，并遵照前人的设定（如Lucas），本文中，人力资本的生产与再生包含两种要素投入，物质的部分和文化的部分（或者人力资本部分），而投入到人力资本增长中的物质资本部分 $G$ 通常可以近似解释为教育投入，研究教育与经济增长或波动的关系问题，当然，这里仅是一种近似解释，这样做可能不一定很准确，因为教育投入周期相对较长。

从表3中part3，模型HRBC的结果显示：

(1)人力资本的物质资本投入部分 $G$ 及人力资本利用率 $X$ 与总产出高度正相关，所以当把 $G$ 视为教育投入时，我们可以预测：教育投资对经济长期有强推动作用。

(2)基本消费序列正相关于总产出，但相对平稳，变化不大，标准差仅为0.0055，远小于产出标准差 $1/3$ 水平，因为 $0.0784/3=0.0261$ ，而BRBC预测的消费水平为0.0267，基本接近产出 $1/3$ 水平，一致于一般国外学者的研究水平，我们想，所以出现这种情况的原因是HRBC模型中，消费实际上相当于分成了两部分，一是 $C$ 所表示的基本生活消费部分，另一部分是 $G$ 所表达的对人力资本的投入；而 $G$ 部分的标准差被模型预测为0.0835，比总产出的波动性还强，这说明，模型预测对人力资本的物质投入部分的活性很强，如果把 $G$ 解释为教育投入，则可以认为教育投入的波动性对经济波动有重要影响。

(3) 生产的增长同存量资本弱相关, 同前几期的资本增加(新生同投资)正相关。

(4) 实际劳动利用率水平偏低。

## 附录 HRBC 模型的总量波动图

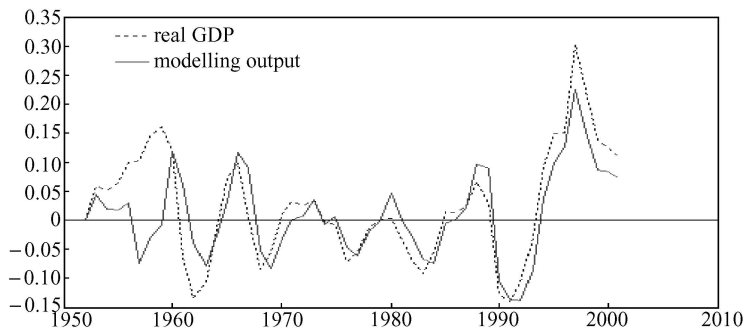


图1 实际经济与 HRBC 模型经济产出的对比图。图中虚线表示实际经济 1952—2001 年间对数 GDP 序列经过带通滤波后波形, 实线表示模型预测产出序列波。

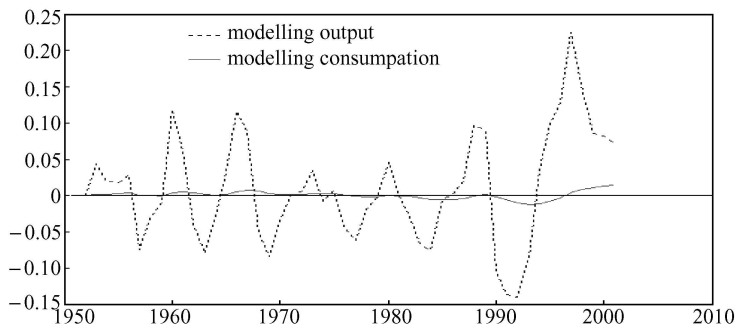


图2 HRBC 模型给出的产出与消费对比图。其中, 虚线表示模型经济预测的产出, 实线表示模型预测的消费水平。从波形关系可以看出, 模型预测的消费波动性远小于产出的波动性, 并滞后与产出。

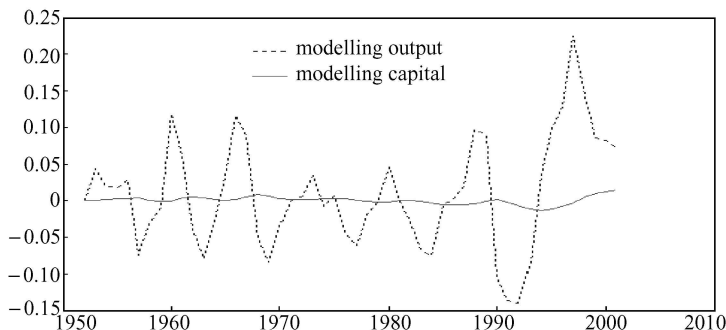


图3 HRBC 模型给出的产出与资本对比图。其中, 虚线表示模型经济预测的产出, 实线表示模型预测的资本存量水平。从波形关系可以看出, 模型预测的资本存量的波动性远小于产出的波动性, 并滞后与产出。这一结果与传统结论基本一致。

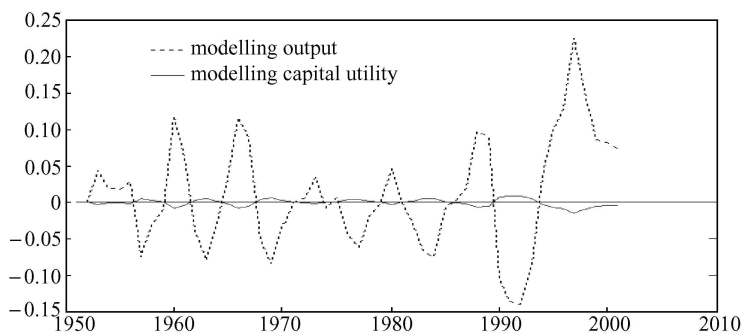


图4 HRBC模型给出的产出与资本利用率的对比图。其中，虚线表示模型经济预测的产出，实线表示模型预测的物质资本利用率。从波形关系可以看出，模型预测的物质资本利用率的波动性小于产出的波动性，反相与产出。这一结果与文中的理论分析一致。

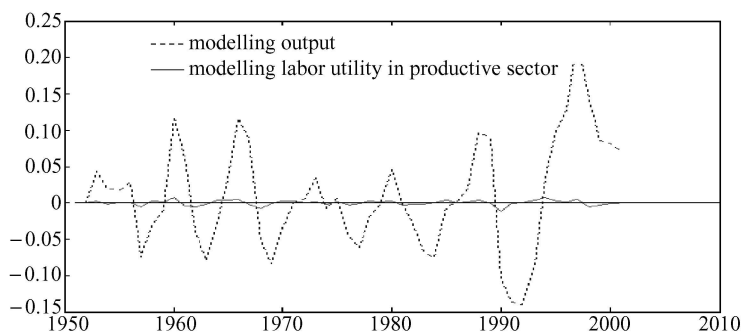


图5 HRBC模型给出的产出与生产部门劳动利用率对比图。其中，虚线表示模型经济预测的产出，实线表示模型预测的生产部门劳动利用率。从波形关系可以看出，模型预测的物质资本利用率的波动性小于产出的波动性。这一结果与文中的理论分析一致。

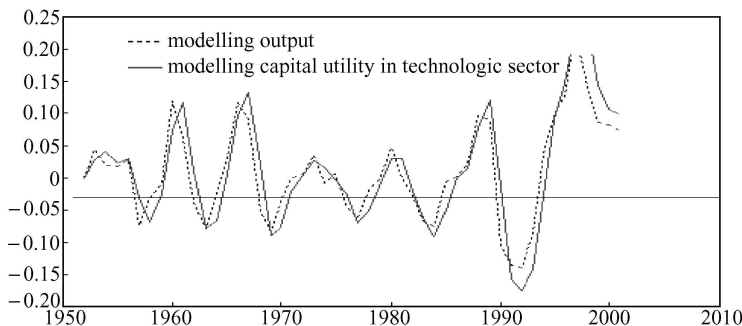


图6 HRBC给出的产出与人力资本中物质资本投入关系图。其中，虚线表示模型经济预测的产出，实线表示模型预测的人力资本生产部门中对物质资本的利用。从波形关系可以看出，模型预测的人力资本生产部门中对物质资本的利用的波动性不小于产出的波动性。

## 参考文献

- [1] Benhabib, J. and R. E. Farnar, "Indeterminacy and Sector Specific Externalities", *Journal of Monetary Economics*, 1996, 37, 397—419.
- [2] Benhabib, J. and K. Nishimura, "Indeterminacy and Sunspots with Constant Returns", *Journal of Economic Theory*, 1998, 81, 58—96.
- [3] Cogley, T. and J. M. Nason, "Output Dynamics in Real-Business-Cycle Models", *The American Economic Review*, 1995, Vol. 85.
- [4] Greenwood, J., Z. Hercowitz, and G. W. Hoffman, "Investment, Capacity Utilization, and the Business Cycle", *American Economic Review*, 1988, 78, 402—417.
- [5] King, R. G. and S. T. Rebelo, "Resuscitating Real Business Cycles", in *Handbook of Macroeconomics*, Volume 1B, chapter 14, 1999, 927—1006.
- [6] Kydland, F. E. and E. C. Prescott, "Time to Build and Aggregate Fluctuations", *Econometrica*, 1982, 50, 1345—1370.
- [7] Long, B. J. and C. I. Plosser, "Real Business Cycles", *Journal of Political Economy*, 1983, vol. 91.
- [8] Prescott, E. C, "Theory Ahead of Business Cycle Measurement", *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, Fall 1986, 10, 9—22.
- [9] Stokey, N. L. and R. E. Lucas, *Recursive Methods in Economic Dynamics*. Harvard University Press, 1989.

## Growth and Fluctuations in China Economy

KUNTING CHEN

(Shandong University)

LIUTANG GONG

(Peking University)

**Abstract** By introducing the human capital and the endogenous utility rates of physical capital and human capital into the basic Real-Business-Cycle model, this paper studies the growth and fluctuations in China economy during 1952—2001. Compare with the traditional Real Business Cycles model, our model will be more powerful to explain the growth and fluctuation of an economy, especially, it can be used to explain employment in China economy.

**JEL Classification** E32, E2, O53