

## 实际商业周期：理论、检验与争议

龚刚\*

**摘要** 围绕实际商业周期所展开的研究涉及经济学研究的基本方法和经济学家们对经济社会运行的基本认识。与此同时，它也反映了经济学两大流派，即凯恩斯学派和新古典学派之间的争论。本文试图从RBC理论的产生背景说起，系统地为大家介绍RBC的理论体系以及求解和检验RBC模型时所使用的技术。与此同时，我们也将揭示RBC研究所面临的问题和引发的争论，并在此基础上指出未来RBC和宏观经济学理论研究可能的发展方向。

**关键词** 实际商业周期，随机动态优化，校正法

### 一、引言

实际商业周期 (real business cycles, RBC) 是现代新古典 (New Classical) 宏观经济学的核心。该理论从产生到发展已有二十多年。在过去的二十多年内，它无疑是西方主流经济学界最为主要的研究热点之一。围绕实际商业周期 (RBC) 所展开的研究和争论可以经常不断地见诸于各主要的经济学杂志上。而对于 (RBC) 理论的介绍也已成为西方一流大学高级宏观经济学研究生课程的必备内容。

所谓实际商业周期，顾名思义，是指由经济的实际成分（与货币成分相对应）所造成的经济波动。<sup>1</sup> 而实际商业周期理论的主要观点是指经济的波动主要来源于经济中实际成分所产生的干扰和冲击，其中最主要的冲击是指技术冲击。

需要强调的是，围绕RBC理论所展开的研究和争论的意义绝非仅限于澄清经济波动（或者商业周期）的原因。事实上，它涉及经济学研究的基本方法和经济学家们对经济社会运行的基本认识。与此同时，它也反映了经济学的两大流派，凯恩斯学派 (Keynesians) 和新古典学派 (neoclassicals) 之间的争论。

本文试图从RBC理论的产生背景说起，系统地为大家介绍一下RBC的理论体系以及求解和检验RBC模型时所使用的技术。与此同时，我们也将

\* 清华大学经济管理学院。通信地址：清华大学经济管理学院，邮编 100084；电话 (010) 62788147；E-mail gongg@em.tsinghua.edu.cn。感谢本刊匿名审稿人对文章的初稿所提出的宝贵意见和建议。文中可能的不足之处仍由作者负责。

<sup>1</sup> 正因为如此，本人并没有把RBC翻译成真实商业周期。这里的real不是指真实，而是与货币（或名义）相对应的实际或实体。

揭示 RBC 研究所面临的问题和引发的争论,并在此基础上指出未来 RBC 和宏观经济学理论研究的可能发展方向。

## 二、现代新古典宏观经济学的产生

以市场经济为主要研究对象的西方经济学长期以来存在着两大主要学派:新古典学派和凯恩斯学派。新古典学派奉行的是自由放任的市场经济,主张减少政府对市场的干预;凯恩斯学派则更强调具有政府调节和干预的市场经济。

两大学派在政策主张上的矛盾显然来自于它们对市场经济运行的不同理解。在方法论上,新古典学派传统上侧重于在微观层次上对经济人个体行为的研究,而凯恩斯学派则更关心宏观经济问题。正是这种方法论上的侧重点不同,使得它们在经济学研究的某一阶段被当时在学术界占统治地位的学者们结合起来,形成了所谓的新古典综合派(Neoclassical Synthesis)。新古典综合派将新古典的微观经济学和凯恩斯的宏观经济学综合起来,形成一套从微观到宏观的完整的经济学体系。萨缪尔森的《经济学》一书可以被看成是新古典综合派思想的集大成。需要说明的是,即使是现在(包括在中国),许多本科生的教材体系仍然沿用着这一思路。

然而,无论如何,这种结合总让人感觉不妥。事实上,它们是两种截然不同,而且在许多情况下互相冲击的理论。凯恩斯主义的宏观经济学不可能建立在新古典的微观基础上;与此同时,凯恩斯宏观经济学中的许多行为方程(如消费函数和投资函数等)并没有像微观经济学中的分析那样,从经济人的最优化过程中导出。此种形式的分析通常被看成是违背经济学鼻祖亚当·斯密关于经济人行为特征的基本假设,即经济人在从事经济活动时总是最大限度地追求自己的私利。然而在 20 世纪 70 年代中期以前,传统凯恩斯理论这种缺乏微观基础的弱点并没有引起经济学家们的足够重视。这在某种程度上归功于凯恩斯需求管理型的宏观经济政策在当时对经济的有效调节。当世界进入 20 世纪 70 年代以后,西方主要发达国家都先后经历了几次严重的滞胀(即通货膨胀和失业并举)。由于以需求管理为核心的凯恩斯宏观经济政策在面对滞胀时所表现出的无能,使得人们开始对传统的凯恩斯理论重新进行审视。这不仅导致了新古典综合派的分裂,同时也为新古典宏观经济学的崛起提供了机会。正如 Mankiw(1990)所指出的:

“宏观经济学在 70 年代以前并没有严重的分歧。然而,有两个原因破坏了这种和谐:一个来自于现实,另一个来自于理论。来自于现实的缺陷是,综合派的主张并不能有效地处理失业和通货膨胀的同时高涨。而理论上的缺陷则是综合派的观点在微观经济学原理和宏观经济学实践之间划下了一条裂痕。这条裂痕如此之深,使得我们无法在理智上接受。”(p. 1647)

新古典综合派的分裂使得经济学家们开始沿着两条不同的路线展开他们的研究，并由此而产生了当今经济学领域的两大主流学派：现代新古典学派（New Classical）和新凯恩斯学派（New Keynesians）。<sup>2</sup> 新凯恩斯学派以研究凯恩斯宏观经济理论的微观基础为己任，而现代新古典学派则主要是建立和完善以传统完全竞争型的微观经济学分析为基础的宏观经济理论。RBC理论则无疑是现代新古典宏观经济学的核心。

### 三、RBC理论的微观基础

正如我们在前文中所指出的，RBC理论的核心是指经济的波动主要受实际（而非货币）冲击的影响。Kydland and Prescott（1982）和 Long and Plosser（1983）分别在一个简单的市场出清、理性预期和不考虑货币的代表性经济人（representative agent）模型中率先提出了这一思想。Stock, Lucas and Prescott（1989）则进一步指出，此类模型可以看成是类似于阿罗—德布鲁（Arrow-Debrue）的一般均衡模型。因此，“在适当条件下，此类问题的求解可以被解释成对市场行为的预测。”（p. 21）

为了与阿罗—德布鲁完全竞争型的一般均衡建立联系，我们考察一个虚拟的经济社会。首先，社会中的家庭都是一致的，有着相同的偏好；企业也是一致的，产品无差异并且规模报酬不变。这样，我们就可以引入代表性经济人来解决资源分配的优化问题。其次，在这一经济系统中，市场被认为是“一次性”开放（once-and-for-all market）。再次引用 Stokey *et al.*（1989）：

“最终，假设所有的交易都在0时‘一次性’（once-and-for-all）的发生。所有的交易都在那时进行，交易的数量也同时被确定下来。在这以后没有任何其他交易。当市场关闭以后，经济人只是在 $t$ 时， $t = 0, 1, 2, \dots, T$ ，简单地依据已有的合同按规定的数量发送或接受要素和产品。”（p. 23）

我们的第三个假设是关于所有权。我们假定家庭拥有生产过程中的所有要素。因此，家庭向企业出售生产要素，所得的收入只能用来购买企业的产品，或用于消费或用于资本积累。我们的代表性企业不拥有任何财产。在任何 $t$ 时，它只是租来资本和劳动力，并把它们用于生产，然后出售所生产的产品，所得利润则返还给家庭。

#### （一）家庭决策

在市场开放的0时初期，家庭拥于资本的初始存量 $k_0^s$ ，同时给定一个从0时到未来无穷期的价格序列 $\{p_t, w_t, r_t\}_{t=0}^{\infty}$ ，其中， $p_t$ 、 $w_t$ 和 $r_t$ 分别为产

<sup>2</sup> 注意，我们把 New Classical 译成现代新古典。这主要是为了区分传统意义上的新古典 neoclassicals。

品、劳动力和资本的  $t$  期价格。于是,家庭的决策问题就可以解释为选择一个需求和供给序列  $\{c_t^d, i_t^d, n_t^s, k_{t+1}^s\}_{t=0}^{\infty}$ , 使得经过贴现以后的效用相加值最大, 即

$$\max E_0 \left[ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_t^d, m_t^s) \right], \quad (1)$$

约束于

$$p_t(c_t^d + i_t^d) = p_t(r_t k_t^s + \omega_t n_t^s) + \pi_t, \quad (2)$$

$$k_{t+1}^s = (1 - \delta)k_t^s + i_t^d, \quad (3)$$

以上公式中,  $\delta$  是折旧率;  $\beta$  是折现因子;  $\pi_t$  是预期分红;  $c_t^d$  和  $i_t^d$  分别是消费和投资需求;  $n_t^s$  和  $k_t^s$  分别是劳动力和资本供给。这里, 式(2)可以看成是一个预算约束, 该等式的成立依赖于假设  $U_c > 0$ 。

接下来, 我们将考察家庭是如何计算  $\pi_t$  的。我们可以假设

$$\pi_t = p_t(\hat{y}_t - \omega_t \hat{n}_t - r_t \hat{k}_t), \quad (4)$$

这里,  $\hat{y}_t$ 、 $\hat{n}_t$  和  $\hat{k}_t$  分别是家庭所预期的产出、就业和资本使用量。假定家庭预期在给定的价格序列  $\{p_t, \omega_t, r_t\}_{t=0}^{\infty}$  下市场将得以出清, 此外, 家庭也同时知道生产函数  $F(\cdot)$ , 公式(4)可以写成:

$$\pi_t = p_t [F(k_t^s, m_t^s, \hat{A}_t) - \omega_t n_t^s - r_t k_t^s], \quad (5)$$

以上,  $\hat{A}_t$  是预期的技术冲击。将式(5)中的  $\pi_t$  代入式(2), 再把式(2)代入式(3), 并消去  $i_t^d$ , 我们得到

$$k_{t+1}^s = (1 - \delta)k_t^s + F(k_t^s, m_t^s, \hat{A}_t) - c_t^d, \quad (6)$$

公式(1)和公式(6)构成了家庭的决策模型。给定初始资本  $k_0^s$ , 该模型的解可以解释成一个决策的计划序列  $\{c_t^d, i_t^d, n_t^s, k_{t+1}^s\}_{t=0}^{\infty}$ 。其中,  $k_{t+1}^s$  由式(6)给出, 而

$$c_t^d = G_c(k_t^s, \hat{A}_t), \quad (7)$$

$$n_t^s = G_n(k_t^s, \hat{A}_t), \quad (8)$$

$$i_t^d = F(k_t^s, m_t^s, \hat{A}_t) - c_t^d, \quad (9)$$

以上, 函数  $G_c(\cdot)$  和  $G_n(\cdot)$  被看成是关于消费和劳动的决策规则, 其具体形式可以从动态优化过程中导出。有关动态优化过程的介绍, 我们将在随后展开。

## (二) 企业决策

给定相同的价格序列  $\{p_t, \omega_t, r_t\}_{t=0}^{\infty}$  及预期的技术冲击  $\{\hat{A}_t\}_{t=0}^{\infty}$ , 企业所

面临的决策问题同样可以解释为选择一组产出（供给）和投入（需求）序列  $\{y_t^s, n_t^d, k_t^d\}_{t=0}^{\infty}$ ，使利润的贴现相加值最大。这里， $y_t^s$  表示企业的产出供给； $n_t^d$  和  $k_t^d$  为对劳动力和资本的需求。然而，由于企业是按期租用劳动力和资本，因此，其长期的最优化问题也就等同于一期的最优化（Stokey *et al.*, 1989, p. 25）：

$$\max p_t (y_t^s - r_t k_t^d - \omega_t n_t^d),$$

约束条件为：

$$y_t^s = F(k_t^d, n_t^d, \hat{A}_t), \quad (10)$$

该问题的解满足

$$r_t = F_k(k_t^d, n_t^d, \hat{A}_t), \quad (11)$$

$$\omega_t = F_n(k_t^d, n_t^d, \hat{A}_t), \quad (12)$$

以上（11）、（12）两个公式可以让我们导出投入需求  $k_t^d$  和  $n_t^d$ ，产出供给  $y_t^s$  则由公式（10）给出。

### （三）竞争均衡与应变计划（contingency plan）

经济的竞争均衡（competitive equilibrium）可以定义为一组关于价格的时间序列  $\{p_t^*, r_t^*, \omega_t^*\}_{t=0}^{\infty}$ 。在该序列下，经济社会中的三大市场（产品、劳动力和资本）都恰好达到供需均衡：

$$k_t^d = k_t^s, \quad (13)$$

$$n_t^d = n_t^s, \quad (14)$$

$$c_t^d + i_t^d = y_t^s, \quad (15)$$

这里， $t = 0, 1, 2, \dots, \infty$ 。按照这一定义，当  $\{p_t, r_t, \omega_t\}_{t=0}^{\infty} = \{p_t^*, r_t^*, \omega_t^*\}_{t=0}^{\infty}$  时，经济就处于竞争均衡。<sup>3</sup> 依据等式（6）—（12）及均衡条件（13）—（15），我们可以证明均衡价格  $\{p_t^*, r_t^*, \omega_t^*\}_{t=0}^{\infty}$  的存在。

然而，我们可以发现，这里的均衡价格  $\{p_t^*, r_t^*, \omega_t^*\}_{t=0}^{\infty}$  依赖于预期的技术进步  $\hat{A}_t$ 。这样就产生了一个问题：由于我们规定所有的交易（包括与未来有关的交易）只在 0 展开，当然价格也应在 0 时确定，这就意味着 1 时及以后的技术冲击在 0 时交易展开之时是不能得知的。于是，如何确定均衡价格、需求和供给呢？RBC 的理论家们用所谓的应变计划（contingency plan）的设

<sup>3</sup> 这里，我们并没有讨论价格是如何达到均衡  $\{p_t^*, r_t^*, \omega_t^*\}_{t=0}^{\infty}$  的。按照 Walras 的说法，这里有一个市场的管理者（auctioneer），它的作用在于报价、调价直至达到均衡价格。这一过程通常被称之为拍卖过程（tâtonnement process）。

想巧妙地解决了这一问题。正如 Stokey, *et al.* (1989, p.17)所指出的:

“在随机条件下,我们所讨论的是条件性计划序列而不是数值序列,每期对应一组。具体的,消费  $c_t$  和每期的期末资本  $k_{t+1}$  ( $t=0, 1, 2, \dots, \infty$ ) 都取决于技术冲击  $z_1, z_2, \dots, z_t$  的实现值。这一系列的技术冲击只有在决策实施时才是知道的,而在决策制定的 0 时,这些信息都是未知的。从技术上讲,决策者选择的是一组方程序列(sequence of functions)。”

这样,尽管均衡价格和相应的交易序列都在 0 时就已经制定,但是,它们都仅仅是以应变性的合约形式被确定下来。决策的执行则完全取决于此后所实现的技术冲击。

如果交易由应变计划所确定,RBC 经济的动态演变过程就可由如下方程组所描述:

$$c_t = G_c(k_t, A_t), \quad (16)$$

$$n_t = G_n(k_t, A_t), \quad (17)$$

$$y_t = F(k_t, m_t, A_t), \quad (18)$$

$$i_t = y_t - c_t, \quad (19)$$

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + F(k_t, m_t, A_t) - c_t, \quad (20)$$

其中,该过程的初始条件为  $k_0$ ;而技术冲击  $\{A_t\}_{t=0}^{\infty}$  则为给定的外生变量。

综合上述分析,我们就可发现 RBC 经济中的一个重要特性:虽然这一经济系统同时考虑了家庭和企业行为,但是整个系统的变化只受到家庭行为的影响,企业的决策行为不起任何作用(尽管家庭行为只代表市场供需的一个方面:产出的需求和投入的供给)。显然,出现这样一种结果是因为模型中关于“均衡”和“市场出清”的假定。

## 四、标准 RBC 模型

### (一) 模型结构

在上一节中,我们只是对 RBC 模型作了一个非常简单的介绍,其目的是为了揭示 RBC 理论的微观基础。我们还没有详细说明  $A_t$  的随机过程,也没有把增长引入模型之中,所以这一模型是经不起经验数据的检验。标准的且经常被用于检验的 RBC 模型应首推 King, Plosser and Rebelo (1988)。

用  $K_t$  表示资本,  $N_t$  表示个人的工作小时,  $Y_t$  表示产出,  $C_t$  表示消费。假定资本按如下规则累积:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + A_t K_t^{1-\alpha} (N_t X_t)^\beta - C_t, \quad (21)$$

式中,  $\alpha \in (0, 1)$ ;  $A_t$  应理解成暂时的技术冲击;  $X_t$  则为永久冲击,它服从一

固定的增长率  $\gamma$ 。<sup>4</sup> 由于  $X_t$  的存在, 变量  $K_t$  等是不平稳的 (non-stationary), 即它们都有上升趋势。而这将不利于我们对模型的求解<sup>5</sup>。为了使模型转换成平稳形式, 我们对公式 (21) 进行标准化处理。对公式 (21) 两边同除以  $X_t$ , 得:

$$k_{t+1} = \frac{1}{1+\gamma} [(1-\delta)k_t + A_t k_t^{1-\alpha} (n_t \bar{N}/0.3)^{\alpha} - c_t], \quad (22)$$

这里,  $k_t \equiv K_t/X_t$ ,  $c_t \equiv C_t/X_t$ ,  $n_t \equiv 0.3N_t/\bar{N}$ 。其中  $\bar{N}$  是  $N_t$  的样本均值。注意  $n_t$  一般被认为是标准化后的工作时间。正如 Hansen (1985) 所指出的,  $n_t$  的样本均值为 30%, 这也是平均工作时间占总时间的比例。

于是, 我们的代表性经济人所作的决策问题就可以表示成: 选择决策变量  $\{c_t\}_{t=0}^{\infty}$  和  $\{n_t\}_{t=0}^{\infty}$ , 使得

$$\max E_0 \left[ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t (\ln c_t + \theta \ln(1 - n_t)) \right], \quad (23)$$

并满足约束条件 (22) 和

$$A_{t+1} = a_0 + a_1 A_t + \varepsilon_{t+1}, \quad (24)$$

这里,  $\ln c_t + \theta \ln(1 - n_t)$  为公式 (1) 中的效用函数  $U(\cdot)$ ; 暂时冲击  $A_t$  则假定服从一个 AR(1) 过程, 其中随机变量  $\varepsilon_t$  为独立同分布 (i. i. d.)。

## (二) 求解随机动态优化模型的一般程序

显然, 上述标准 RBC 模型 (由公式 (22) — 公式 (24) 组成) 可以理解成一个随机动态优化问题。一般情况下, 我们无法求得该问题的解析解。通常人们所使用的解法是数值解法 (numerical method)。然而, 即使是数值解法, 我们仍然必须在对模型的一阶条件进行线性转换以后才能展开。在这种情况下, 我们所求得的解只能算作模型的近似解 (approximate solution)。按照 Uhlig (1999), 随机动态优化问题的求解一般遵循如下程序:

(1) 确定能描述该经济系统动态演变过程的有关方程。这些方程通常由状态方程 (本模型中的公式 (22)), 外生变量方程 (本模型中的公式 (24)) 和一阶条件方程 (即将讨论) 所组成。

(2) 对上述方程进行确定性等价 (certainty equivalency) 转换, 并据此求解模型的稳定状态 (steady state)。

(3) 以模型的稳定状态为中心, 对有关的动态方程进行线性转换 (linear

<sup>4</sup> 注意,  $X_t$  既包括人口增长也包括技术进步。

<sup>5</sup> 正如我们即将看到的, 对模型的求解通常依赖于以模型的稳定状态为中心所展开的线性化处理。因此, 当有关变量具有上升趋势时, 对模型的线性转换将变得不够精确。

approximation)。转换的目的是用线性动态系统来近似地代替模型的非线性动态系统。也正是在这个意义上,我们所得到的解只能算作模型的近似解。

(4) 使用未定参数法 (method of undetermined coefficients) 从被转换的线性系统中求解决策规则 (decision rule)。

接下来,我们将按照上述程序,求解标准的 RBC 模型。

### (三) 一阶条件

对于随机动态优化模型,一般有两种一阶条件:欧拉等式 (Euler equation) 和拉格朗日法则所导出的等式。这里,我们只介绍拉格朗日法则。<sup>6</sup>

定义拉格朗日方程:

$$L = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\ln(c_t) + \theta \ln(1 - n_t)] - \sum_{t=0}^{\infty} \left\{ \beta^{t+1} \lambda_{t+1} \left[ k_{t+1} - \frac{1}{1+\gamma} ((1-\delta)k_t - A_t k_t^{1-\alpha} (n_t \bar{N}/0.3)^\alpha + c_t) \right] \right\},$$

分别对  $c_t$ ,  $n_t$ ,  $k_t$  和  $\lambda_t$  求导并令其为零,我们得到如下一阶条件:

$$\frac{1}{c_t} - \frac{\beta}{1+\gamma} E_t \lambda_{t+1} = 0, \quad (25)$$

$$\frac{-\theta}{1-n_t} + \frac{\alpha \beta y_t}{(1+\gamma)n_t} E_t \lambda_{t+1} = 0, \quad (26)$$

$$\frac{\beta}{1+\gamma} E_t \lambda_{t+1} \left[ (1-\delta) + \frac{(1-\alpha)y_t}{k_t} \right] = \lambda_t, \quad (27)$$

$$k_{t+1} = \frac{1}{1+\gamma} [(1-\delta)k_t + y_t - c_t], \quad (28)$$

其中,

$$y_t = A_t k_t^{1-\alpha} (n_t \bar{N}/0.3)^\alpha, \quad (29)$$

于是,我们的动态系统由公式(22)和公式(24) — (29)所组成。它包含了变量  $k_t$ 、 $A_t$ 、 $c_t$ 、 $n_t$ 、 $y_t$  和  $\lambda_t$  的动态演变。

### (四) 确定性等价转换和稳定状态

所谓确定性等价转换就是将模型中的随机变量转换成对应的确定性等价形式,即取它们的数学期望。

假如我们的随机动态模型已转换成其所对应的确定性等价形式,则我们

<sup>6</sup> 关于欧拉方程的介绍,请参见 Ljungqvist and Sargent (2000, ch. 2) 和 Gong and Semmler (2004, ch. 2) 等。需要说明的是,两种一阶条件所导出的结果实际上是一致的。Chow (1997) 对这一点作了讨论。



的动态系统可写成

$$f(x_{t+1}, x_t) = 0,$$

变量  $x_t$  (这里为多维向量) 的稳定状态 (记为  $\bar{x}$ ) 可以由条件  $x_{t+1} = x_t = \bar{x}$  中导出。

按照上述原则,  $A_t$  的稳定状态很容易从式 (24) 求得:

$$\bar{A} = \frac{a_0}{1 - a_1},$$

其他变量的稳定状态由如下命题给出:

**命题 1** 假定  $A_t$  的稳定状态为  $\bar{A}$ 。方程 (22), 式 (24) — (29) 的确定性等价形式至少有两个稳定状态。一在边界上 (on the boundary), 另一个则在边界内 (interior)。其中, 边界内的稳定状态为

$$\begin{aligned}\bar{n} &= \alpha\phi\lambda[(\alpha + \theta)\phi - (\delta + \gamma)\theta], \\ \bar{k} &= \bar{A}^{1/\alpha}\phi^{-1/\alpha}\bar{n}(\bar{N}/0.3), \\ \bar{c} &= (\phi - \delta - \gamma)\bar{k}, \\ \bar{\lambda} &= (1 + \gamma)\beta\bar{c}, \\ \bar{y} &= \phi\bar{k}.\end{aligned}$$

以上,  $\phi = [(1 + \gamma) - \beta(1 - \delta)] / [\beta(1 - \alpha)]$

关于该命题的证明请参见 Gong and Semmler (2004, ch. 5)。

### (五) 线性转换

一般情况下, 经济学家们采用两种类型的线性转换: 一种是对数线性转换 (loglinear approximation), 另一种为二次线性转换 (linear-quadratic approximation)。针对变量  $X_t$  及其稳定状态  $\bar{X}$ ,

$$x_t \equiv \ln X_t - \ln \bar{X}.$$

被定义为  $X_t$  对  $\bar{X}$  的对数偏离。这样,  $100x_t$  可以看成是  $X_t$  对  $\bar{X}$  偏离百分比。所谓对数线性转换就是将模型的非线性动态系统转换成对数线性形式。一般情况下, 人们可用如下转换规则:

$$\begin{aligned}X_t &\approx \bar{X}e^{x_t}, \\ e^{x_t + ay_t} &\approx 1 + x_t + ay_t, \\ x_t y_t &\approx 0.\end{aligned}$$

Campbell (1994) 和 Gong and Semmler (2004) 分别给出了针对具体 RBC 模型

所进行的线性转换过程。

二次线性转换是使用泰勒一阶展开式直接对非线性动态方程进行转换。对于非线性方程

$$y_t = f(x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{n,t}),$$

它的一阶泰勒展开式可以写成

$$y_t = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) + f_1(x_{1,t} - \bar{x}_1) + f_2(x_{2,t} - \bar{x}_2) + \dots + f_n(x_{n,t} - \bar{x}_n),$$

以上,  $\bar{x}_i, i=1, 2, \dots, n$ , 为变量  $x_{i,t}$  的稳定状态;  $f_i$  则为函数  $f(\cdot)$  对  $x_{i,t}$  的偏导。

#### (六) 标准 RBC 模型的数值解法

无论是对数线性转换或二次线性转换, 其目的都是用线性动态系统来近似地代替模型的非线性动态形式。假如我们已经以边界内的稳定状态为中心<sup>7</sup>对公式(22)和公式(25)一(29)进行了二次线性转换。于是, 按照 Uhlig(1999)所建议的程序, 我们设  $c_t$  和  $n_t$  的决策规则也为线性:

$$c_t = G_{11}A_t + G_{12}k_t + g_1, \quad (30)$$

$$n_t = G_{21}A_t + G_{22}k_t + g_2, \quad (31)$$

其中, 参数  $G_{ij}$  和  $g_j (i, j=1, 2)$  都为未知参数。所谓未知参数法就是针对线性决策规则(30)和(31), 从经过二次线性转换后的线性系统中求解未知参数  $G_{ij}$  和  $g_j$ 。显然, 它们都是模型中结构参数的复杂函数。

需要说明的是, 求解未知参数本身是一个非常复杂的过程。一般很难用手算完成。不同的一阶条件和不同的线性转换都会影响未知参数的求解过程。现实中, 经济学家们通常针对特定的一阶条件和线性转换设计出不同的计算机程序来求解未知参数。本文中, 我们使用 Gong(1998)和 Gong and Semmler(2004)所介绍的程序来求解未知参数。该程序适用于针对由拉格朗日法则导出的一阶条件所进行的二次线性转换。<sup>8</sup>

给定表1中所示的结构参数<sup>9</sup>, 我们在图1和图2中给出了模型解的路径。这些路径由公式(22)、(24)和公式(30)、(31)求得, 它们包括状态变量  $k_t$ , 决策变量  $c_t$  和  $n_t$  及外生变量  $A_t$ 。

<sup>7</sup> 由于边界上的稳定状态通常为0、1或无穷大, 它们显然不能代表经济的一般状态。因此, 我们只以边界内的稳定状态为中心进行线性转换。

<sup>8</sup> 该方法可以看成是针对 Chow(1993)所提方法的一种改进。

<sup>9</sup> 这些参数值在 RBC 研究中都极为标准。参见 King, et al. (1988) 和 Christiano and Eichenbaum (1992) 等。

表 1 模型中的结构参数值

$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\delta$	$\theta$	$N$	$a_0$	$a_1$	$\sigma_\varepsilon$
0.5800	0.0045	0.9930	0.0208	2.0189	480.00	0.0333	0.9811	0.0189

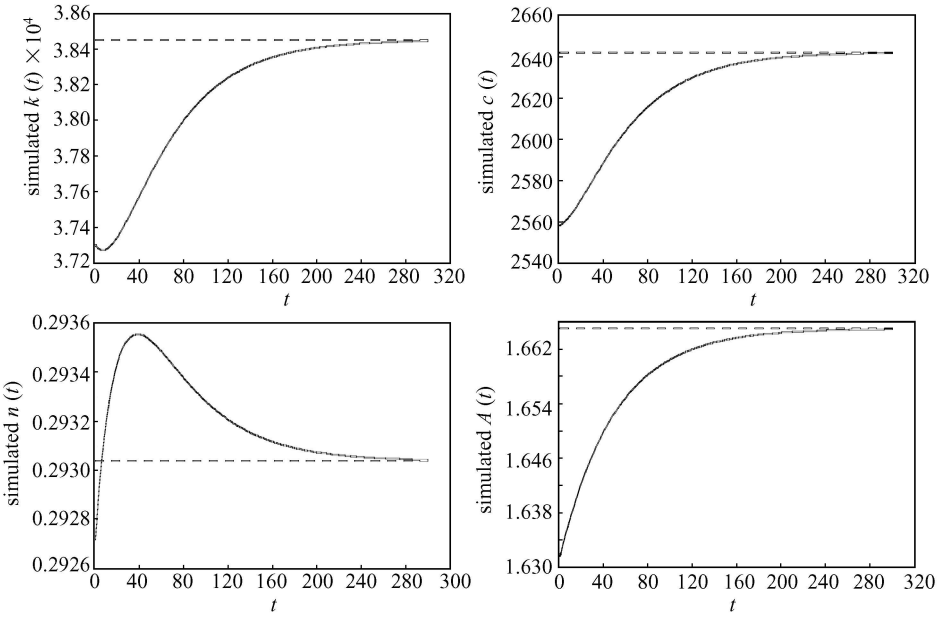


图 1 标准 RBC 模型的确定解

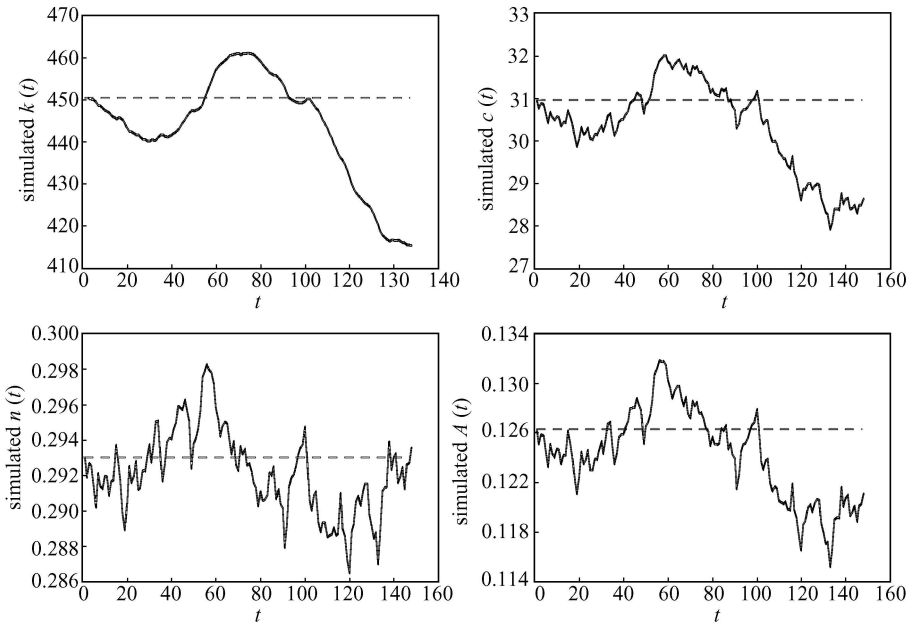


图 2 标准 RBC 模型的随机解

## 五、标准 RBC 模型的校正与检验

RBC 理论家们通常认为, RBC 模型能很好地解释现实中的商业周期。这些理论家们相信, 即便是一个简单的 RBC 模型(如前文所介绍的标准 RBC), 它所产生的时间序列也能较好地反映经验数据的波动特点。正如 Plosser (1989) 所指出的, “这样一个如此简单的模型——没有政府、没有任何形式的市场失灵、理性预期和没有调整成本——却可以把实际情况模拟得如此之好, 真是让人不可思议。”但是, 这些早期的评论从它产生的开始就受到各种各样的质疑和批判。为了使读者了解围绕 RBC 理论所展开的这些争议, 我们有必要首先介绍一下经济学家们在对 RBC 模型进行实证检验时通常所使用的方法, 即所谓的校正法(calibration method)。

### (一) 校正法

校正法是在对理论模型进行大量的随机模拟基础上, 总结出有关经济变量波动的统计特征, 并与实际数据相比较, 从而判断模型的有效性。具体的, 校正过程一般有如下步骤:

步骤一: 选择模型的结构参数。注意, 这些参数应包括模型中有关随机变量的标准差。有了这一参数, 我们就能对模型进行随机模拟。<sup>10</sup>

步骤二: 选择模拟所需的时间序列的长度。该长度通常与样本数据的时间长度相一致。设该长度为  $T$ 。

步骤三: 选定初始值, 使用迭代法, 对模型重复计算  $T$  次, 从而获得由模型所产生的有关经济变量的时间序列。此为一次随机模拟。

步骤四: 如有必要, 首先用滤波器对由步骤三所产生的模拟数据进行加工处理, 以去掉其时间趋势。<sup>11</sup>

步骤五: 针对经过去掉时间趋势以后的模拟数据, 统计出有关的统计指标。这些指标主要为一些二阶距(second moments)指标, 如方差和相关系数等。

步骤六: 重复步骤三—步骤五直至  $N$  次( $N$  应足够的大)。并根据这  $N$  次重复实验, 计算出有关二阶距指标的分布(由指标的均值和方差表示)。

步骤七: 利用实际的样本数据, 计算相同的二阶距指标, 并考察其是否落在由模型所产生的二阶距指标的有效分布内。

这里, 我们需要说明的是, 由于随机变量  $\epsilon_t$  的原因, 我们所得出的模拟

<sup>10</sup> 例如, 在 GAUSS 语言中, 我们可以用 RNDN 程序来产生具有标准正态分布的随机变量。于是,  $\sigma_\epsilon$  RNDN 则可以看成是服从  $N(0, \sigma_\epsilon^2)$  的随机变量。

<sup>11</sup> 这里, 一般使用 H-P 滤波器。有关 H-P 滤波器的介绍, 请参见 Hodrick and Prescott (1980)。

数据是随机波动的。而波动的大小取决于  $\epsilon_t$  的标准差  $\sigma_\epsilon$  和模型本身的结构。因此, 假定模型是正确的, 而  $\sigma_\epsilon$  的取值也合适 (注意,  $\sigma_\epsilon$  由估计而得), 这样, 为了考察模型的波动是否与实际相符, 计算模型的二阶距指标, 并与样本的二阶距指标相比较, 就能在一定程度上检验模型是否能解释现实经济中的波动和商业周期。

## (二) 对标准 RBC 模型的校正

表 2 报告了利用美国的数据对标准 RBC 模型所进行的校正结果。表中与 RBC 模型所对应的数据为步骤六中所估算的二阶距指标的均值。括号中的数据则为相应的标准差。模型的动态随机系统 (数据产生过程) 由公式 (22)、(24)、(30) 和 (31) 组成, 其中产出  $y_t$  由公式 (29) 给出; 结构参数使用表 1 中的数值。模拟次数  $N$  为 5000 次。

表 2 标准 RBC 模型的校正

	消费	资本	就业	产出
标准差				
样本	0.0081	0.0035	0.0165	0.0156
RBC 模型	0.0091 (0.0012)	0.0036 (0.0007)	0.0051 (0.0006)	0.0158 (0.0021)
相关系数				
样本				
消费	1.0000			
资本	0.1741	1.0000		
就业	0.4604	0.2861	1.0000	
产出	0.7550	0.0954	0.7263	1.0000
RBC 模型				
消费	1.0000 (0.0000)			
资本	0.2043 (0.1190)	1.0000 (0.0000)		
就业	0.9288 (0.0203)	-0.1593 (0.0906)	1.0000 (0.0000)	
产出	0.9866 (0.00332)	0.0566 (0.1044)	0.9574 (0.0076)	1.0000 (0.0000)

就样本经济和 RBC 经济的比较而言, 表 2 告诉我们如下结果: 首先, 在四个关键变量中, 消费、资本和产出的波动性在某种程度上可以看做是和样本吻合的。但是这一性质对于就业并不适用。事实上, 模型所产生的就业是过于平滑了。需要说明的是, 这一结果同样发现于其他研究, 如 King *et al.* (1988) 和 Christiano and Eichenbaum (1992) 等。其次, 让我们来看一下相关性。在样本经济中, 主要存在着两个显著的相关关系。一个是消费和产出之间, 另一个是就业和产出之间。这两个相关关系在我们的 RBC 经济中也同样

存在。然而,除了这两个相关关系,RBC经济中消费和就业之间也有着显著的相关。而这在样本经济中是不存在的。

## 六、争论、改进与发展

正如我们在前面所指出的,标准的RBC模型虽然简单,但在很多RBC理论家们的眼里,它能很好地反映美国宏观经济的波动特征。按照Prescott(1986)所作的总结,“理论和实际吻合得很好,尽管距离完美尚远”。事实上,一些RBC理论家们认为,RBC研究至少已通过了初步检验。但与此同时,人们对RBC理论的质疑和批判也是非常之多。关于由RBC理论所引发的争论可以参见不同学术杂志上的一些特刊和综述以及网站等。<sup>12</sup>显然,以下所列的一些争议绝非囊括所有。

### (一)完全竞争与市场出清

毋庸置疑,RBC模型在其逻辑结构上是完整的。然而,这种逻辑上的完整并不意味着它与现实经济相符。例如,模型中关于市场的一次性开放和应变计划等假设,在现实经济中似乎并不多见。<sup>13</sup>更为重要的是,RBC是以完全竞争条件下的市场出清为其理论基础。而在许多经济学家们看来,这样一种经济在现代社会中并不具有代表性。相反地,不完全竞争、垄断和市场的非均衡则可能更为普遍。需要说明的是,新凯恩斯主义在研究凯恩斯的微观基础时,通常以上述非完全竞争的经济社会为其理论的出发点。有关该学派的最新研究请参见Woodford(2003)。

### (二)数据问题

对RBC模型的经验检验通常是建立在对现实数据进行重新组合的基础上。在RBC理论家们看来,现实的数据无法反映RBC模型的内在逻辑。例如,模型中所定义的产出 $Y_t$ 只是简单的把消费 $C_t$ 和投资 $I_t$ 相加起来,后者则为资本存量 $K_t$ 的增加。因此,为了让模型中的产出 $Y_t$ 和实际数据保持一致,我们必须在 $C_t$ 中加入政府消费,与此同时,资本存量 $K_t$ 也应包括由政府投资所形成的资本(如高速公路等)和一些消费耐用品及存货和土地等。这样一来,产出 $Y_t$ 也应包括由这些资本所产生的服务。由于这些数据并不容易获得,因此,我们必须基于一定的假设来把它们计算出来。本文中,我们

<sup>12</sup> 关于特刊可以参见 Journal of Economic Perspectives, 1989, 3 和 The Economic Journal, 1995, Nov. 等; 关于综述,可以参见 King and Rebelo(1999),网站则可参见 <http://ideas.uqam.ca/qmrbc>。

<sup>13</sup> 例如, Taylor(1999) 就曾经指出,实际数据充分表明,工资和价格会在一个相当长的时期中保持稳定(这一时期通常被称作合同期)。在这一时期内,合同一般不会对外界的变化做出应变性的调整。

所使用的数据是由 Christiano (1987a) 所建立的, 它被用于许多 RBC 模型的经验检验中, 比如 Christiano (1987b)、Christiano and Eichenbaum (1992) 和 Semmler and Gong (1997) 等。关于数据问题的讨论, 请参见 Cooley (1995) 和 Gong and Semmler (2004)。

### (三) 与校正法相关的问题

对于评估 RBC 模型所采用的校正法, 许多经济学家也提出了一些质疑, 认为这是一种非正规的评估技术 (informal technique)。首先, 校正法并没有要求利用统一的宏观数据对模型的结构参数进行估计。这些参数的选择通常来源于不同的微观研究。有关这一问题的批评请参见 Singleton (1988) 和 Eichenbaum (1991)。需要说明的是, 利用正规的计量经济学方法对 RBC 类型的随机动态优化模型进行估计和检验在未来的经济学研究中必然会受到越来越多的关注。有关这方面的一些初步进展请参见 Semmler and Gong (1996)、Gong (1998) 和 Gong and Semmler (2004)。此外, 围绕着校正技术的另一个质疑是关于 H-P 滤波器的使用 (参见 Harvey and Jaeger (1993) 和 Cogley and Nason (1994))。

### (四) 劳动力市场

虽然就校正结果而言, 由 RBC 模型所产生的消费、产量和资本的波动与现实相符, 然而, 就业的波动过于平稳, 就业与消费之间也存在着过分的相关。仔细考察一下消费和就业的决策规则 (参见公式 (30) 和 (31)), 存在这样的结果也是不难理解的。由于消费和就业的决策规则在其结构上极其相似, 即同样是对变量  $A_t$  和  $k_t$  的反映, 它们之间必然会相关, 而就业的波动也将和消费一样, 不可能过分。显然所有这些问题与劳动力市场的模型设定有关。解决这一问题的可能方法是在劳动力市场中引入非均衡。有关这方面的最新尝试请参见龚刚和 Semmler (2003)。

### (五) 索洛残差 (Solow Residual) 和技术冲击

最后, 也是最具争议的问题是关于技术冲击的衡量。在 RBC 模型的经验检验中, 技术冲击是由索洛残差 (Solow Residual) 来衡量的。按照 King and Rebelo (1999) 的说法, “正是这最后的批判, 即索洛残差对技术冲击这一有问题的衡量才是 RBC 文献中真正的阿奇里斯之踵 (Achilles heel)。”<sup>14</sup>

众所周知, 索洛残差  $S_t$  是在给定产出  $Y_t$ 、资本  $K_t$ 、劳动力供给  $L_t$  和参数  $\alpha$  的情况下, 由生产函数  $Y_t = S_t K_t^{1-\alpha} L_t^\alpha$  计算而得。显然这样一种对技术冲击的衡量是以假定生产要素的充分就业为前提。许多理由使经济学家们对这

<sup>14</sup> 喻为弱点。

种衡量方法产生怀疑。首先,这样一种衡量通常会导致技术的过分波动,甚至会出现技术退步的情况。而现实中,技术总是在不断的进步,而且也不会出现大起大落(参见 Mankiw(1989)和 Summer(1986))。其次,按照计量检验,索洛残差可以由一些与需求有关的外生变量,如军费(Hall,1988)和货币供给(Evan,1992)等得到解释。通常这些外生变量并不与技术相关。这也同样说明索洛残差并不是一种外生变量(冲击)。第三,当生产要素的使用存在明显的波动时,索洛残差就无法解释技术冲击了。

由此可见,索洛残差在衡量技术冲击上是不可信的。也许,它在更多程度上反映为需求冲击。从这个意义上说,RBC模型之所以能较好地拟和产量、消费和资本的波动,其原因不在于模型本身的合理性,而在于使用了索洛残差这一不可靠的对技术冲击的衡量。

索洛残差在衡量技术冲击上的不可信,使得许多学者转而研究利用其他方法来衡量技术冲击。参见 Burside, Eichenbaum and Rebelo(1996), Basu and Kimball(1997), Gali(1999)和 Francis and Ramey(2001,2003)等。按照 RBC 的理论模型,技术总是与产出、消费和就业等成激励周期(procyclical)<sup>15</sup>当我们用索洛残差来衡量技术时,这一结果被认为与现实相符。这也是 RBC 理论家们早期所庆贺的成果之一。然而,当我们用其他方法来衡量技术冲击时,我们发现技术冲击(至少在短期内)与产出等成抑制周期(counter cyclical)<sup>16</sup>

综上所述,RBC模型在解释经济社会中所出现的商业周期(波动)时仍有相当长的路要走。也许,为了更好地解释经济现象,引入非均衡和不完全竞争似乎在所难免。然而,作为现代新古典宏观经济学的核心,RBC为我们未来的宏观经济研究设定了严格的学术准则:宏观经济学必须有其微观基础;微观基础的核心在于行为分析;而经济人行为的特征在于最优化。正是在这个意义上,对于 RBC 的研究在经济学中仍具其特殊的意义。

## 参考文献

- [1] 龚刚和 W. Semmler,“非均衡劳动力市场的真实经济周期”,《经济学(季刊)》,2003年第2卷第3期,第591—604页。
- [2] Basu, S. and M. S. Kimball,“Cyclical Productivity with Unobserved Input Variation”, *NBER Working Paper Series*, 1997, No. 5915.
- [3] Burnside, C., M. Eichenbaum and S. Rebelo,“Sectoral Solow Residuals”, *European Economic Review*, 1996, 40, 861—869.
- [4] Campbell, J.,“Inspecting the Mechanism: An Analytical Approach to the Stochastic Growth Model”, *Journal of Monetary Economics*, 1994, 33, 463—506.

<sup>15</sup> 即当技术有一个正向冲击时,它会刺激产出等的正向波动。

<sup>16</sup> 即当技术有一个正向冲击时,它会引起产出等的负向波动。



- [5] Chow, G. C. , " Optimum Control without Solving the Bellman Equation ", *Journal of Economic Dynamics and Control* , 1993 , 17 , 621—630.
- [6] Chow, G. C. , *Dynamic Economics : Optimization by the Lagrange Method* . New York : Oxford University Press , 1997.
- [7] Christiano, L. J. , " Technical Appendix to ' Why Does Inventory Investment Fluctuate So Much ? ' " *Research Department Working Paper Series* , 1987a , No. 380 , Federal Reserve Bank of Minneapolis.
- [8] Christiano, L. J. , " Why Does Inventory Investment Fluctuate So Much ? " *Journal of Monetary Economics* , 1987b , 21 , 247—280.
- [9] Christiano, L. J. and M. Eichenbaum , " Current Real-Business-Cycle Theories and Aggregate Labor Market Fluctuation ", *American Economic Review* , 1992 , 82 , 430—450.
- [10] Cogley, T. and J. M. Nason , " Effects of the Hodrick-Prescott Filter on Integrated Time Series ", *Journal of Economic Dynamics and Control* , 1995 , 19 , 253—278.
- [11] Cooley, T. and E. Prescott , " Economic Growth and Business Cycles " , in T. Cooley ( ed. ) , *Frontiers of Business Cycle Research* . Princeton : Princeton University Press , 1995.
- [12] Eichenbaum, M. , " Real Business Cycle Theory : Wisdom or Whimsy ? " *Journal of Economic Dynamics and Control* , 1991 , 15 , 607—626.
- [13] Evans, C. , " Productivity Shock and Real Business Cycles " , *Journal of Monetary Economics* , 1992 , 29 , 191—208.
- [14] Francis, N. and V. Ramey , " Is the Technology-Driven Real Business Cycle Hypothesis Dead ? Shocks and Aggregate Fluctuations Revisited " , *Working Paper* , University of California , San Diego , 2001.
- [15] Francis and Ramey , " The Source of Historical Economic Fluctuations : An Analysis Using Long-Run Restriction " , *Working Paper* , University of California , San Diego , 2003.
- [16] Gali, J. , " Technology , Employment and Business Cycles : Do Technology Shocks Explain Aggregate Fluctuation ? " *American Economic Review* , 1999 , 89 , 249—271.
- [17] Gong, G. , *Essays in Economic Fluctuation* . Ph. D. Dissertation , New York : New School University , 1998.
- [18] Gong, G and W. Semmler , *Stochastic Dynamic Macroeconomics : Theory , Numerics , and Empirical Evidence* . Oxford University Press , 2004 ( forthcoming , 全文可在作者主页 <http://166.111.96.40/teacher/new/GangGong.htm> 上下载 ) .
- [19] Hall, R. E. , " The Relation between Price and Marginal Cost in U. S. Industry " , *Journal of Political Economy* , 1988 , 96 , 921—947.
- [20] Hansen, G. H. , " Individual Labor and Business Cycles " , *Journal of Monetary Economics* , 1985 , 16 , 309—327.
- [21] Harvey, A. C. and A. Jaeger , " Detrending , Stylized Facts and the Business Cycle " , *Journal of Applied Econometrics* , 1993 , 8 , 231—247.
- [22] Hodrick, R. J. and E. C. Prescott , " Post-war U. S. Business Cycle : An Empirical Investigation " , *Working Paper* , Carnegie-Mellon University , Pittsburgh , PA , 1980.
- [23] King R. G. , C. I. Plosser and S. T. Rebelo , " Production , Growth and Business Cycles I : The Basic Neo-classical Model " , *Journal of Monetary Economics* , 1988 , 21 , 195—232.
- [24] King, R. G. and S. T. Rebelo , " Resuscitating Real Business Cycles " , in J. Taylor and M. Woodford ( ed. ) , *Handbook of Macroeconomics* , Vol. I , Elsevier Science , 1999.
- [25] Kydland, F. E. and E. F. Prescott , " Time to Build and Aggregate Fluctuation " , *Econometrica* , 1982 , 50 , 1345—1370.
- [26] Ljungqvist, L. and T. J. Sargent , *Recursive Macroeconomics* . Cambridge , MA : the MIT Press , 2000.

- [ 27 ] Long, J. B. and C. I. Plosser, " Real Business Cycles ", *Journal of Political Economy*, 1983, 91, 39—69.
- [ 28 ] Mankiw, N. G. , " Real Business Cycles : A New Keynesian Perspective ", *Journal of Economic Perspectives*, 1989, 3, 79—90.
- [ 29 ] Mankiw, G. N. , " A Quick Refresher Course in Macroeconomics ", *Journal of Economic Literature*, 1990, 27, 1645—1660.
- [ 30 ] Plosser, C. I. , " Understanding Real Business Cycles ", *Journal of Economic Perspectives*, 1989, 3, 51—77.
- [ 31 ] Prescott, E. C. , " Theory Ahead of Business Cycle Measurement ", *Quarterly Review, Federal Reserve Bank of Minneapolis*, 1986, 10, 9—22.
- [ 32 ] Semmler, W. and G. Gong, " Estimating Parameters in Real Business Cycle Model ", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1996, 30, 301—325.
- [ 33 ] Semmler, W. and G. Gong, " Numerical Procedure to Estimate Real Business Cycle Models Using Simulated Annealing ", in H. Amman, B. Rustem and A. Whinston (ed. ), *Computational Approaches to Economic Problems*, Kluwer Inc, 1997.
- [ 34 ] Singleton, K. , " Econometric Issues in the Analysis of Equilibrium Business Cycle Model ", *Journal of Monetary Economics*, 1988, 21, 361—386.
- [ 35 ] Stockey, N. L. , R. E. Lucas and E. C. Prescott, *Recursive Methods in Economics*. Harvard University Press, 1989.
- [ 36 ] Summers, L. H. , " Some Skeptical Observations on Real Business Cycle Theory ", *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 1986, 10, 23—27.
- [ 37 ] Taylor, J. B. , " Staggered Price and Wage Setting in Macroeconomics ", in J. B. Taylor and M. Woodford (ed. ), *Handbook of Macroeconomics, Volume I*. New York : Elsevier Science, 1999.
- [ 38 ] Uhlig, H. , " A Toolkit for Analyzing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily ", in R. Marimon and A. Scott (ed. ), *Computational Methods for the Study of Dynamic Economics*. New York : Oxford University Press, 1999.
- [ 39 ] Woodford, M. , *Interest and Price, Foundation of a Theory of Monetary Policy*. Princeton University Press, 2003.

## Real Business Cycles : Theory , Empirics and Disputes

GANG GONG  
( Tsinghua University )

**Abstract** The research in the RBC theory is related to the methodologies and hypotheses postulated by different economists regarding some basic properties of our economy. It also reflects the disputes between two major schools in economics, that is, the Keynesian and the neoclassical. This paper introduces to the reader systematically the framework of RBC and the techniques for solving and testing RBC models. It also explores the problems and issues in RBC research and proposes future research directions and possible developments in macroeconomics in general.

**JEL Classification** E13, B22, C61