

资源约束条件下长期经济增长的动力机制 ——基于内生增长理论模型的研究

彭水军,包群

(南开大学 经济学院,天津 300071)

摘要:文章通过将存量有限且不可再生的自然资源引入生产函数,构建了一个产品种类扩张型的四部门内生增长模型。首先,通过对模型的市场均衡分析,给出了平衡增长路径的经济增长率以及均衡解存在的一个充分性条件,系统地探讨了在人口增长、自然资源不断耗竭的约束条件下内生技术进步促进长期经济增长的动力机制;其次,通过对平衡增长路径进行比较静态分析,讨论了各经济变量以及经济环境参数的变化对稳态增长率的影响效应及其作用机制,并给出其经济学解释;最后是综合结论及政策涵义。

关键词:人口增长;资源耗竭;内生增长;可持续发展;平衡增长路径

中图分类号:F062.1;F019.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2006)06-0110-10

一、引言

20世纪60年代以来,随着社会生产力和科学技术的飞速发展,人类改造自然的规模空前扩大,从大自然索取的资源越来越多,向大自然排放的废弃物也与日俱增,导致大量自然资源短缺、不断耗竭,环境污染与生态破坏日趋严重,资源与环境问题成为当前人类面临的重要问题之一,关系到全人类和子孙后代的利益,已构成未来经济社会可持续发展的瓶颈制约。早在20世纪70年代,为了应对石油输出国组织(OPEC)的挑战和罗马俱乐部的悲观论调,经济学家们就开始把能源与自然资源问题引入到新古典增长理论框架中,探讨在资源稀缺或不断耗竭条件下的经济可持续增长问题,如环境经济学的元老级人物Dasgupta和Heal(1979)以及Stiglitz(1974)、Solow(1974)、Garg和Sweeney(1978)等运用新古典增长模型对可耗竭性资源的最优开采、利用路径进行了分析,研究结论是相对乐观的:一定技术条件下,即使自然资源存量有限、人口增长率正,人均消费(产出)持续增长仍然是可能的。但问题是在

收稿日期:2006-03-15

基金项目:国家社会科学重点基金项目(04AJL006)和中国博士后科学基金项目(2005038462)

作者简介:彭水军(1975—),男,湖南岳阳人,南开大学经济学院博士后流动站研究人员;

包群(1978—),男,湖南怀化人,南开大学经济学院副教授。

他们的模型中,技术进步都是外生给定的,这引起了广泛争议。20世纪80年代中后期,以Romer(1990)、Lucas(1988)等人为代表的内生增长模型的出现,摆脱了新古典模型中长期人均增长率被外生技术进步率所盯住的束缚,使得分析长期经济增长成为可能。然而,现有的内生增长研究文献却较少关注自然资源问题对长期经济增长的影响,代表性文献有:Robson(1980)将不可再生资源纳入Uzawa(1965)的模型分析,Takayama(1980)强调非竞争性的技术进步作为增长的引擎,但他们的模型只对社会最优解进行了分析。Schou(1995)、Scholz 和 Ziemes(1996)通过把不可再生资源引入生产函数,建立了以研发为基础的内生增长模型,强调了由于不完全竞争性引致的市场失灵。最近,Grimald 和 Rouge(2003)则构建了一个基于“创造性破坏”的新熊彼特模型,通过同时对社会计划者最优均衡问题和分权经济条件下的市场均衡问题进行分析,探讨了不可再生资源对长期经济增长的影响,研究结论表明如果R&D产出足够有效,人均产出具有正的最优增长率是可能的,而市场均衡往往不是帕累托最优,但该模型仅仅只考虑了一种中间产品的最简单形式。

在已有文献研究的基础上,本文通过将不可再生资源引入生产函数,构建了一个包含不可再生资源、人口增长、研发创新的四部门内生增长模型。本文的逻辑思路为:首先,通过对模型的市场均衡分析,给出了平衡增长路径的经济增长率以及均衡解存在的一个充分性条件,揭示了在人口增长、自然资源不断耗竭的约束条件下经济能否维持和如何维持可持续发展的问题;其次,通过对平衡增长路径进行比较静态分析,讨论了各经济变量以及经济环境参数的变化对稳态增长率的影响效应及其作用机制,并给出其经济学解释;最后给出综合结论及政策涵义。

二、模型描述

我们考察一个类似于Romer(1990)的四部门封闭经济系统:(1)完全竞争的最终产品部门,Y为产量;(2)垄断性生产的中间产品部门, x_i 为产量;(3)研发部门;(4)自然资源开采部门。经济中非熟练劳动力总量为L,可视为人口总量的一个子集,因此经济中非熟练劳动力随着人口总量的增加而持续变化,我们假设人口以不变、外生的速率n(>0)增长,从而非熟练劳动力的增长率也为 $L/L=n$ 。假设人力资本总量H给定,人力资本有两类用途:分别投入 to 最终产品部门(uH)与研发部门($(1-u)H$)。

1. 生产技术。通过扩展Romer(1990)模型,把不可再生资源作为生产要素引入生产函数,最终产品部门的总量生产函数设定为:

$$Y = AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} \int_0^N x_i^{\alpha_3} d_i R^{\alpha_4}; \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 > 0, \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1 \quad (1)$$

其中: $A>0$ 为外生的一般性生产力技术参数, L 为投入到最终产品生产

部门中的非熟练劳动力总量, uH 为投入到最终产品生产部门中的人力资本数量, N 为经济中中间产品的种类数, 表示创新水平或技术知识的存量, x_i 为第 i 种中间产品数量, R 为投入到最终产品部门生产的自然资源数量。

经济中研发部门开发(或“发明”)新的中间产品品种或设计方案, 研发产出取决于该部门的人力资本投入和已有的技术知识存量, 其生产函数为:

$$\dot{N} = \delta(1-u)HN, \delta > 0 \quad (2)$$

其中: N 为经济中已有的技术知识存量, \dot{N} 为技术知识的增量, δ 为研发部门的生产力参数, $(1-u)H$ 为投入的人力资本量。

中间产品部门, 类似 Rivera-Batiz 和 Romer(1991)的设定, 假设一旦新的产品品种或设计方案被 R&D 部门发明出来后, 一单位任一种类型的中间产品 x_i 的生产正好耗费 1 单位的物质资本 K , 因此经济中的物质资本总量可表示为:

$$K = \int_0^N x_i d_i, (i \in [0, N]) \quad (3)$$

在一个时点上经济中物质资本存量的净增加等于总产出 Y 减去总消费 C , 从而物质资本的积累方程为:

$$\dot{K} = Y - C \quad (4)$$

在资源部门, 沿袭 Stiglitz(1974), 用 $S(0)(>0)$ 表示不可再生资源的初始存量, 在一个时点上资源部门开采并出售给最终产品部门的资源为 R , 假设不计开采成本, 则资源的存量方程为:

$$S(t) = S(0) - \int_0^t R(v) dv \quad (5)$$

对(5)式关于时间 t 求导, 得到不可再生资源存量随时间变化的微分方程为:

$$\dot{S} = -R, R > 0 \quad (6)$$

2. 消费偏好。假定代表性家庭在无限时域上有一个标准的固定弹性效用函数:

$$\int_0^{\infty} [(c^{1-\sigma} - 1)/(1-\sigma)] L e^{-\rho t} dt = \int_0^{\infty} [(c^{1-\sigma} - 1)/(1-\sigma)] e^{-(\rho-n)t} dt \quad (7)$$

其中: $c = C/L$ 为人均消费, L 为家庭规模——对应于人口总量, $L(t) = L(0)e^{nt} = e^{nt}$, 其中, 初始的人口数目标准化为 1 单位, 即 $L(0) = 1$ 。 σ 为边际效用弹性, 是跨期替代弹性的倒数, $\rho > 0$ 为消费者的主观时间偏好率, 假定 $\rho > n$ 以保证总效用函数不会发散。

三、市场均衡分析

1. 基本假设和代理人行为。最终产品 Y 的价格单位化为 1, 即 $P_Y = 1$, W_L 为非熟练劳动力的工资, W_Y, W_N 分别为投入到最终产品部门、研发部门的人力资本工资, P_x, P_R 分别为中间产品价格和不可再生资源的价格, r 为市场利率。

(1) 最终产品部门。假设最终产品部门存在一个代表性厂商,其决策规划为:

$$\max_{L, u, x_i, R} \pi = AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} \int_0^N x_i^{\alpha_3} d_i R^{\alpha_4} - W_L L - W_Y uH - P_R R - \int_0^N P_{x_i} x_i d_i \quad (8)$$

由(8)式,得到最终产品生产厂商的利润最大化条件:

$$W_L = \alpha_1 Y/L \quad (9)$$

$$W_Y = \alpha_2 Y/uH \quad (10)$$

$$P_R = \alpha_4 Y/R \quad (11)$$

$$P_{x_i} = \alpha_3 AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} x_i^{\alpha_3-1} R^{\alpha_4} \quad (12)$$

(2) 中间产品部门。由(12)式可见,中间产品生产企业面对的需求曲线为右下方倾斜,意味存在着由于对中间产品的垄断生产而带来的垄断利润,这正是企业持续创新的微观激励所在。根据假设,生产一单位任一种类型中间产品需要 1 单位的物质资本,故中间产品部门的生产决策规划为:

$$\max_{x_i} \pi_m = P_{x_i} x_i - rx_i \quad (13)$$

这是一个古典的垄断定价问题:厂商面临常数边际成本和不变价格弹性, r 为市场实际利率。由一阶最优条件得:

$$P_{x_i} = P_x = r/\alpha_3, \forall i \in [0, N] \quad (14)$$

并且,由(12)式、(13)式和(14)式,我们可得:

$$x_i = x = [\alpha_3 AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} R^{\alpha_4} / P_{x_i}]^{\frac{1}{1-\alpha_3}} = [\alpha_3^2 AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} R^{\alpha_4} / r]^{\frac{1}{1-\alpha_3}} \quad (15)$$

根据(13)式、(14)式与(15)式,得到中间产品部门最大利润方程:

$$\pi_m(x) = (1 - \alpha_3) P_x x = (1 - \alpha_3) \alpha_3 AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} x^{\alpha_3} R^{\alpha_4} \quad (16)$$

在均衡状态,物质资本必须满足市场出清条件,故 $Nx = K$, 即 $x = K/N$, 再根据(1)式,最终产品部门在均衡状态的产出水平为:

$$Y = AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} Nx^{\alpha_3} R^{\alpha_4} = AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} N^{1-\alpha_3} K^{\alpha_3} R^{\alpha_4} \quad (17)$$

(3) 研发部门。假设中间产品的设计方案专利价格为 P_N , 人力资本报酬为 W_N , 研发部门的生产决策规划为最大化利润函数: $\pi_{R&D} = P_N N - W_N (1 - u) H = P_N \delta (1 - u) H N - W_N (1 - u) H$ 。均衡条件为:

$$W_N = P_N \delta N \quad (18)$$

(4) 资源部门。在竞争性的自然资源市场,资源部门最大化其利润函数:

$$\int_1^\infty P_R(s) R(s) e - \int_1^\infty r(v) dv ds, \text{ 约束条件为(6)式。均衡条件为:}$$

$$g_{P_R} = r \quad (19)$$

(5) 代表性家庭。由 Ramsey 规则,有代表性家庭最优化决策满足:

$$g_c = \dot{c}/c = (r - \rho)/\sigma \quad (20)$$

2. 平衡增长路径。命题 1: 通过各部门代表性企业的最优性条件、消费者的最优性行为,得到平衡增长路径上各经济变量的增长率为^①:

$$g_c^* = [(1 - \alpha_3) \delta H (1 - u^*) - \alpha_4 \rho - \alpha_2 n] / [(\alpha_1 + \alpha_2) + \alpha_4 \sigma] \quad (21)$$

$$g_N^e = \delta(1-u^e)H \quad (22)$$

$$g_S^e = g_R^e = \frac{(1-\alpha_3)[(1-\sigma)\delta H(1-u^e)-\rho]+[\alpha_1+(\alpha_2+\alpha_4)\sigma]n}{(\alpha_1+\alpha_2)+\alpha_4\sigma} \quad (23)$$

$$\text{其中: } 1-u^e = \frac{(1-\alpha_3)[\alpha_3\delta H[(\alpha_1+\alpha_2)+\alpha_4\sigma]-\alpha_2\rho]+\alpha_2[\alpha_1+(\alpha_2+\alpha_4)\sigma]n}{\delta H[(1-\alpha_3)[\alpha_1+(\alpha_2+\alpha_4)\sigma]+[(\alpha_1+\alpha_2)+\alpha_4\sigma][\alpha_3(1-\alpha_3)-(\alpha_1+\alpha_4)]]} \quad (24)$$

下面,我们将计算出 $1-u^e$ 。由于在均衡条件下,中间产品生产技术的专利价格(中间产品垄断性市场的进入成本)应等于垄断生产者所能获得利润的贴现值,即非套利条件:

$$P_N = \int_t^\infty e - \int_t^s r(v) dv \pi_m(x, s) ds \quad (25)$$

根据(20)式的“Ramsey rule”,在稳态条件下,利率 r 必为常数,从而对(25)式两边关于时间求导,可得非套利方程:

$$r = \pi_m(x)/P_N + g_{P_N} \quad (26)$$

假设经济中人力资本可无成本地在各部门间自由流动,因此,最终产品部门和研发部门人力资本报酬应相等: $W_H = W_Y = \alpha_2 Y/u^e H = W_N = P_N \delta N$,从而有:

$$P_N = \alpha_2 Y/\delta N u^e H \quad (27)$$

故在稳态条件下,有 $g_{P_N}^e = g_Y^e - g_N^e$ 。由(16)式、(17)式与(27)式,可得:

$$\pi_m(x)/P_N = (1-\alpha_3)\alpha_3\delta u^e H/\alpha_2 \quad (28)$$

将(28)式和 $g_{P_N}^e = g_Y^e - g_N^e$ 、 $g_R^e = r = g_Y^e - g_R^e$ 、 $g_N^e = \delta(1-u^e)H$ 代入(26)式有:

$$g_R^e = -(1-\alpha_3)\alpha_3\delta u^e H/\alpha_2 + \delta(1-u^e)H \quad (29)$$

由(29)式与(23)式,容易得到命题1中的(24)式。

(1)由于命题1中市场均衡解的获得是基于内点解的假设,因此,经济中人力资本应该一部分投入到最终产品部门的生产,同时还有一部分投入到研发部门的技术创新,即满足 $0 < 1-u^e < 1$ 。根据(24)式,当 $\alpha_3\delta H[(\alpha_1+\alpha_2)+\alpha_4\sigma] > \alpha_2\rho$ 时,欲使 $1-u^e > 0$,当且仅当:

$$[\alpha_3(1-\alpha_3)-(\alpha_1+\alpha_4)] > -(1-\alpha_3)[\alpha_1+(\alpha_2+\alpha_4)\sigma]/[(\alpha_1+\alpha_2)+\alpha_4\sigma] \quad (30)$$

另一方面,要使 $1-u^e < 1$ 成立还必须满足条件:

$$[(1-\alpha_3)\sigma+\alpha_4(\sigma-1)]\delta H > [\alpha_1+(\alpha_2+\alpha_4)\sigma]n - (1-\alpha_3)\rho \quad (31)$$

(2)通过将(24)式代入(23)式可知:当条件 $\alpha_3\delta H[(\alpha_1+\alpha_2)+\alpha_4\sigma] > \alpha_2\rho$ 以及(30)式、(31)式得到满足时, $g_R^e < 0$,当且仅当:

$$(1-\alpha_3)^2\alpha_3(1-\sigma)\delta H/[\alpha_2+(1-\alpha_3)\alpha_3] < (1-\alpha_3)\rho - [\alpha_1+(\alpha_2+\alpha_4)\sigma]n \quad (32)$$

(3)根据(17)式以及 $g_Y^e = g_C^e = g_R^e = g_C^e + n$,可知在稳态有 $g_C^e = g_N^e + \frac{(\alpha_1+\alpha_3-1)}{1-\alpha_3}n + \left(\frac{\alpha_4}{1-\alpha_3}\right)g_R^e$,因此 $g_N^e < g_C^e$ (因为 $g_R^e < 0$):沿着平衡增长路径,经济中技术进步率大于人均消费(产出)增长率。这是因为技术知识的积累一方面要克服投资报酬的递减,另一方面要克服自然资源耗竭对资本产出的约束。

(4)根据内点解存在的充分性条件^②: $\alpha_3\delta H[(\alpha_1+\alpha_2)+\alpha_4\sigma] > \alpha_2\rho$ 以及

(30)式、(31)式与(32)式,可得到 $g_N^e > 0$,但是 g_c^e 的符号仍然不能确定。将(24)式代入(21)式,得到:

$$g_c^e = \frac{(1-\alpha_3)^2 \alpha_3 \delta H - [\alpha_2 \alpha_4 + (\alpha_3 \alpha_4 + \alpha_2)(1-\alpha_3)] \rho - \alpha_2 [\alpha_3(1-\alpha_3) - (\alpha_1 + \alpha_4)] n}{(1-\alpha_3)[\alpha_1 + (\alpha_2 + \alpha_4)\sigma] + [(\alpha_1 + \alpha_2) + \alpha_4 \sigma][\alpha_3(1-\alpha_3) - (\alpha_1 + \alpha_4)]} \quad (33)$$

由(33)式与(30)式、(31)式,当内点解存在性条件(30)式与(31)式得到满足时, $g_c^e > 0$ 的充要条件为:

$$\delta H > \frac{[\alpha_3(1-\alpha_3) - (\alpha_1 + \alpha_4)] n + [\alpha_2 \alpha_4 + (\alpha_3 \alpha_4 + \alpha_2)(1-\alpha_3)] \rho}{(1-\alpha_3)^2 \alpha_3} \quad (34)$$

(33)式表明:当 $[\alpha_3(1-\alpha_3) - (\alpha_1 + \alpha_4)] < 0$ 时,沿着平衡增长路径,人均消费(产出)增长率与人口增长率正相关,这种情况下, $g_c^e > 0$,当且仅当:人力资本存量、人口增长率和 R&D 部门的产出效率充分大于经济中人们的主观时间偏好率,并且经济中人口增长率、人力资本存量越大以及 R&D 部门的产出效率越高,则稳态经济增长率越高^③。当 $[\alpha_3(1-\alpha_3) - (\alpha_1 + \alpha_4)] > 0$ 时,沿着平衡增长路径,人均消费(产出)不断增长($g_c^e > 0$)当且仅当:人力资本存量和 R&D 部门的产出效率充分大于经济中人们的主观时间偏好率和人口增长率,因此,当经济中有足够的人力资本积累以及较高的 R&D 产出效率,即研发创新活动是充分有效的,是可以克服自然资源的稀缺和不断耗竭、非熟练劳动人口增长以及消费者相对缺乏耐心(相对于未来消费而言消费者更偏好当前消费——当前消费能够带来更大的效用)等问题,从而保持经济的可持续增长;相反,如果经济中消费者相对缺乏耐心——相对于人力资本存量、R&D 部门的产出效率,则人均消费(产出)可能出现负的增长率($g_c^e < 0$),即在不可再生自然资源条件下无限制的增长是不可持续的。下面,我们通过对均衡解各表达式中参数取值进行简单的数值模拟,来验证上述结论(见表 1)。

表 1 均衡解的数值模拟

Case	α_1	α_2	α_3	α_4	ρ	σ	δH	n	g_N^e	g_R^e	g_c^e
I	0.16	0.36	0.34	0.14	0.02	2	0.14	0.016	3.8%	-2.5%	2.1%
II	0.12	0.40	0.38	0.10	0.02	2	0.14	0.016	3.6%	-2.4%	3.7%
III	0.12	0.40	0.38	0.10	0.09	2	0.14	0.016	1.2%	-6.3%	-1.1%

按照 Arnold(2000), Vellinga(1999), Funke 和 Strulik(2000), Perez-Sebastian(2000)的做法,我们选取各参数的值如表 1 所示,此时内点解存在的充分性条件为: $\alpha_3 \delta H [(\alpha_1 + \alpha_2) + \alpha_4 \sigma] > \alpha_2 \rho$ 和(30)式、(31)式都满足,且有 $g_N^e > 0, g_R^e < 0$ 。但在情形 I 中, $[\alpha_3(1-\alpha_3) - (\alpha_1 + \alpha_4)] < 0$,由(33)式可知: g_c^e 与 δ, H 和 n 正相关,而与 ρ 负相关,且稳态增长率 g_c^e 为正(此时(34)式成立);情形 II 中, $[\alpha_3(1-\alpha_3) - (\alpha_1 + \alpha_4)] > 0$ 且 g_c^e 与 δ 和 H 正相关,与 ρ 和 n 负相关,稳态增长率 g_c^e 也为正;情形 III 下,由于经济中人力资本存量 H 、R&D 部门的产出效率 δ (相对)小于消费者的主观时间偏好率 ρ 和非熟练劳动力的增长率 n ,导致人均消费(产出)的稳态增长率 g_c^e 为负值。

(5)在市场均衡条件下,根据(17)式,经济中资本的边际产出为:

$$\partial Y / \partial K = \alpha_3 AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} N^{1-\alpha_3} K^{\alpha_3-1} R^{\alpha_4} = \alpha_3 Y / K \quad (35)$$

由(11)式与(19)式,有 $g_{p_R} = g_Y - g_R = r$,再结合 $x = K/N$ 和(15)式、(17)式,得:

$$g_Y - g_R = r = \alpha_3^2 AL^{\alpha_1} (uH)^{\alpha_2} N^{1-\alpha_3} K^{\alpha_3-1} R^{\alpha_4} = \alpha_3^2 Y / K \quad (36)$$

(35)式与(36)式表明市场均衡解违反了 Solow(1974)、Stiglitz(1974)条件: $g_Y - g_R = r = \partial Y / \partial K$ 。我们可以通过求解本文模型对应的社会计划最优均衡问题得到该条件,即在条件(2)式、(4)式、(6)式以及(17)式的约束下,最大化效应函数(7)式得到。正如 Schou(1996)的研究表明:与社会最优均衡问题相比,市场均衡条件下的资源开采与利用率往往太低或太高。资源利用的这种无效是因为经济中垄断性部门所支付的资本利息率低于资本的边际产出而导致的,即 $g_Y - g_R = r < \alpha_3 Y / K$ 。事实上,在社会计划者问题中,与分权经济中单个生产者或消费者不一样,计划者所做的供给决策都是最优的,虽其宏观决策仍受制于经济中的生产技术与资源约束,但在微观层面,整个经济都是完全竞争的,社会计划者把经济中的知识外溢内部化了,不存在分权经济下由于垄断定价和知识的正外部性造成的效率损失问题,从而改变资源开采 R 、技术知识 N 以及人均消费 c 的增长路径。因此,在政府缺位的情况下,由于分权经济下垄断定价和外部性造成的效率损失导致市场均衡结果往往是非帕累托最优的。

四、比较静态分析

命题 1 表明,在分权经济条件下,稳态增长率取决于经济中的人力资本存量 H 、人口增长率 n 以及消费偏好参数 σ, ρ 和生产技术参数 $\delta, \alpha_i (i=1, 2, 3, 4)$ 。为了进一步分析经济中人力资本存量以及各个经济环境参数的变化对稳态增长率的影响及其作用机制,将命题 1 中(24)式代入(21)式、(22)式和(23)式以及(26)式,并通过求偏导数(结果见表 2),我们容易得到以下性质:

表 2 平衡增长路径的性质

求偏导	$\zeta = \rho$	$\zeta = \sigma$	$\zeta = \delta$	$\zeta = H$
$\partial(1-u^e)/\partial\zeta$	<0	>0 if $g_e^* > 0$	>0	>0
$\partial r/\partial\zeta$	>0	<0 if $g_e^* > 0$	>0	>0
$\partial g_N^*/\partial\zeta$	<0	<0 if $g_e^* > 0$	>0	>0
$\partial g_e^*/\partial\zeta$	<0	<0 if $g_e^* > 0$	>0	>0
$\partial g_R^*/\partial\zeta$	<0	<0 if $g_e^* > 0$	<0 if $\sigma > 0$	<0 if $\sigma > 1$

1. 偏好参数的增长效应。性质 1:经济中消费者的时间偏好率 ρ 越大,稳态增长率越小;当产出增长率率为正时,边际效用弹性 σ 越大,稳态增长率越小。

主观时间偏好率 ρ 越大,意味消费者越缺乏耐心:相对于未来消费而言当期

消费能够带来更大的效用,代表性家庭将减少储蓄,从而导致市场利率 r 提高,根据(25)式 r 增大使得 P_N 下降,从而研发部门的投资 $(1-u^e)H$ 将减少,即由于 r 的增大,引致人力资本从研发部门向最终产品部门转移,进而使得 g_N^e 减小。由于 ρ 增大,导致 r 也增大,根据(20)式, g_c^e 的变化同时取决于 ρ 和 r 的增长效应,但前者超过后者,从而使得 g_c^e 将减小:事实上,由于消费者偏好当前消费,故消费者没有兴趣考虑 e^e 的增加。根据(10)式、(19)式和有关 g_R^e 的推导,在稳态有 $g_{W_H}^e = g_Y^e = g_c^e + n = (r - \rho) / \sigma + n$, $g_{P_R}^e = r$,且 $g_R^e = g_{W_H}^e - g_{P_R}^e = (r - \rho) / \sigma + n - r$,即自然资源开采增长率 g_R^e 等于人力资本工资增长率 $g_{W_H}^e$ 与资源价格增长率 $g_{P_R}^e$ 的差(或 g_R^e 等于人力资本与资源的相对价格(W_H/P_R)的增长率),因此,随着 ρ 增大,由于 $g_{W_H}^e (= g_Y^e = (r - \rho) / \sigma + n)$ 减小, $g_{P_R}^e (= r)$ 增大,从而 g_R^e 减小。

如果 $g_c^e > 0$,边际效用弹性参数变化的增长效应类似于时间偏好率参数 ρ 的增长效应, σ 增大则跨期替代弹性越小,意味着代表性家庭越不愿意接受对持续平滑消费模式的偏离,因此他们将努力把消费从未来转移到现在进行,从而家庭将减少储蓄,导致 r 增加,进而使得 $(1-u^e)H$ 和 g_N^e 减小。 σ 增大导致 r 也增大,但前者的增长效应超过后者的增长效应,根据(20)式,结果使得 g_c^e 减小。并且,随着 σ 增大,由于 $g_{W_H}^e$ 减小和 $g_{P_R}^e (= r)$ 增大的效应,结果使得 g_R^e 将减小,即当边际效用弹性 σ 增大时,自然资源价格的提高速度将大于人力资本工资的提高速度。相反,如果 $g_c^e < 0$,则随着 σ 增大, g_c^e 、 g_N^e 和 g_R^e 将增大。

2. 技术参数的增长效应。性质 2:提高研发部门生产力参数 δ ,将提高产出增长率和技术知识的增长率,当边际效用弹性 $\sigma > 1$ 时,提高参数 δ 将使得不可再生资源开采增长率降低。

R&D 部门生产力参数 δ 提高意味着研发部门产出效率提高,使得研发部门的人力资本投资相对于最终产品部门更有效,结果引致研发部门雇佣更多的人力资本,使得 $(1-u^e)H$ 增加,从而提高知识增长率 g_N^e ,并且,研发部门 R&D 活动的增加使得产出增长率 g_Y^e 以及人均消费增长率 g_c^e 提高,这是因为研发部门雇佣更多的人力资本从事 R&D 活动,意味着中间产品生产企业将更多地向市场借款融资,从而导致市场利率 r 提高,对于消费者,更高的利率 r 意味着更高的人均消费增长率 g_c^e (由(20)式可知)。最后,如果边际效应弹性 $\sigma > 1$,则随着 δ 的提高,市场利率 r 提高,使得 $g_{W_H}^e (= g_Y^e = (r - \rho) / \sigma + n)$ 和 $g_{P_R}^e (= r)$ 都提高,但 $g_{W_H}^e$ 的提高将小于 $g_{P_R}^e$ 的提高,从而导致 g_R^e 减小:R&D 产出效率提高,使得资源价格相对人力资本报酬提高;如果 $\sigma < 1$,则随着 δ 的提高, g_R^e 将增大。

3. 人力资本积累的增长效应。性质 3:产出增长率和技术知识的增长率随着经济中人力资本积累 H 的增加而增加,当边际效用弹性 $\sigma > 1$ 时,资源开采、利用的增长率随着人力资本积累 H 的增加而降低。

经济中人力资本积累 H 增加将直接增加研发部门人力资本投资 $(1-u^e)H$,从而提高了技术知识增长率 g_N^e ,类似于研发参数 δ 的增长效应,随着 H 的增

加,研发部门 R&D 活动增加促使产出增长率 g_y^e 以及人均消费增长率 g_c^e 增加,并且,如果边际效应弹性 $\sigma > 1$,随着 H 的增加,人力资本与资源的相对价格降低,从而使 g_k^e 降低。

五、结 论

本文构建了一个内生增长理论模型,通过把不可再生资源引入生产函数,完整地刻画了人口不断增长、自然资源耗竭、研发创新与经济可持续增长的内在机理。通过模型分析得到以下主要结论与启示:第一,如果经济中有足够的人力资本积累以及较高的 R&D 产出效率,从而具有有效的研发创新活动,是可以克服自然资源的稀缺和不断耗竭、非熟练劳动人口增长以及消费者相对缺乏耐心等问题,从而保持经济的持续增长;相反,如果缺乏有效的技术创新和合理的资源保护与利用,则可能出现负的稳态增长率,即在不可再生自然资源条件下无限制的增长是不可持续的。第二,与社会计划者最优均衡问题相比,市场均衡条件下的资源开采与利用率往往太低或太高,资源利用的这种无效率是因为分权经济下垄断定价和技术知识外部性造成的效率损失而导致的。第三,对于作为社会计划者的政府来说,一方面可考虑对所有种类中间产品的购买以及研发创新活动提供补贴——政府可通过对家庭征收一次总付税(lump-sum tax)来融资,诱使私人部门边际成本定价,刺激对中间产品的需求和自然资源有效率的开采、利用,同时又有效刺激投资者研究与开发新产品种类的积极性,从而诱导分权经济条件下的长期经济增长达到社会性最优状态;另一方面,正如我们的模型推导表明,人力资本存量和研发部门的产出效率是维持经济高速、可持续发展的决定性因素,因此可以通过政府的宏观干预来扶持人力资本积累和有效提高研发产出效率,从而依靠科学技术进步和智力资本开发,使用更“环保”(即资源密集度低)的生产活动来替代能源、资源密集型和污染密集型生产活动,提高经济活动中的效益和质量,转变传统的以“高投入、高消耗、高污染、低质量、低效益、低产出”为特征的增长方式,因为只有这样才能维持一个较高的、稳定的、具有可持续意义的长期经济增长。

注释:

- ①本文中符号 $g_z = \dot{z}/z$ 表示任意变量 z 的增长率,所有上标“e”表示市场均衡解。
- ②事实上,模型中对于市场均衡解存在性问题的讨论,我们只给出了内点解存在的一个充分而非必要条件,但要从理论上讨论其充要条件是极为繁杂的,限于篇幅,我们没有进行进一步的分析。
- ③这里,尽管稳态增长率与人口或非熟练劳动力的增长率正相关,但即使人口增长率(n)等于零或小于零,经济的持续增长仍然是可能的。

参考文献:

- [1]秦大河,张坤民,牛文元. 中国人口资源环境与可持续发展[R]. 北京:新华出版社, 2002.

- [2] Dasgupta P S, Heal G M. Economic theory and exhaustible resources[M]. UK, Oxford University Press, Oxford, 1979.
- [3] Grimaud A, Rouge L. Non-renewable resources and growth with vertical innovations: Optimum, equilibrium and economic policies[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2003, 45:433~453.
- [4] Hotelling H. The economics of exhaustible resources[J]. Journal of Political Economy, 1931, 39:137~185.
- [5] Peng S, Lai M. Environmental pollution, sustainable growth and optimal policy design [J]. International Journal of Ecology and Environmental Sciences, 2004, 30:55~65.
- [6] Panayotou T. Economic growth and the environment[R]. CID Working Paper No. 56, July, 2000.
- [7] Romer P M. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98:71~102.
- [8] Scholz Christian M, Georg Ziemers. Exhaustible resources, monopolistic competition, and endogenous growth[M]. Mineo, University of Kiel, 1996.
- [9] Schou P. A growth model with technological progress and non-renewable resources [R]. Mineo, University of Copenhagen, 1996.
- [10] Stiglitz J. Growth with exhaustible natural resources: Efficient and optimal growth paths[J]. Review of Economic Studies, 1974, (41) (Symposium):123~137.

Resource Depletion and Long-run Economic Growth Based on a Endogenous Growth Model

PENG Shui-jun, BAO Qun

(The School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: We extend the endogenous growth model with horizontal innovations to construct a four-sector growth model in which we introduce a non-renewable resource sector. In this set-up, we focus on how population growth, increasing non-renewable resource depletion and degradation, and endogenous technological progress affect long-run economic growth. First, we study the equilibrium of a decentralized economy, derive the solution of the competitive equilibrium and clarify the sufficient condition under which the equilibrium paths exist; more specifically, we perform some comparative static analysis to examine the effect of variables and parameters variations arising from the economic environment on the steady-state growth rate. Finally, we present some concluding remarks and discuss their policy implications.

Key words: population growth; resource depletion; endogenous growth; sustainable development; balance growth paths (责任编辑 许柏)