

# 贸易、环境污染与经济增长 ——基于开放经济下的一个内生增长模型

杜希饶, 刘凌

(湖南理工大学, 湖南 岳阳 414006)

**摘要:**通过构建一个开放经济条件下的内生增长模型,文章探讨了国际贸易、环境质量与经济持续增长三者的内在关系以及相互作用的动力机制。首先,通过对模型的竞争性市场均衡分析,给出了平衡增长路径的经济增长率,并系统地分析了在环境污染进入效用函数的情形下长期经济增长的内在机理。其次,通过对最优增长路径进行比较静态分析,分别讨论了贸易自由化对环境质量、经济增长、福利效应的影响;污染外部性对长期经济增长的约束等。最后给出了模型的综合结论及其现实涵义。

**关键词:**贸易; 经济增长; 环境质量; 内生技术进步

**中图分类号:**F120 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2006)12-0106-16

## 一、引言

改革开放以来我国经济经历了一个持续的高速增长阶段,然而快速的经济增长不可避免地加剧了对资源消耗、环境保护的压力,环境质量与经济发展之间的两难冲突已经日益受到关注。事实上,正如大多数发展中国家及新兴工业化国家的发展实践所表明的,环境恶化、资源耗竭是经济起飞阶段所面临的重要难题:一方面由于对自然资源的开采利用、工业污染物排放的不断增加,经济增长导致了环境质量下降的负面效应;另一方面资源的可耗竭性、环境恶化反过来也限制了经济的长期持续增长。自1970年代初期“增长极限”说提出以来(Meadows等,1972),大量文献对经济增长与环境质量、资源耗竭以及污染排放之间的内在关系进行了深入研究:理论研究强调在标准增长模型框架下考虑自然耗竭、污染排放对长期经济增长的反馈机制(Lopez,1994; Bovenberg和Smulders,1996; Selden和Song,1995; Stokey,1998等);实证分析方面则集中于对环境库兹涅茨倒U型曲线的经验检验。

随着各国经济联系与交流程度的加深,国际贸易对一国环境质量变化的影响也变得日益重要。对国际贸易与环境质量的关系研究始自Grossman和

收稿日期:2006-06-14

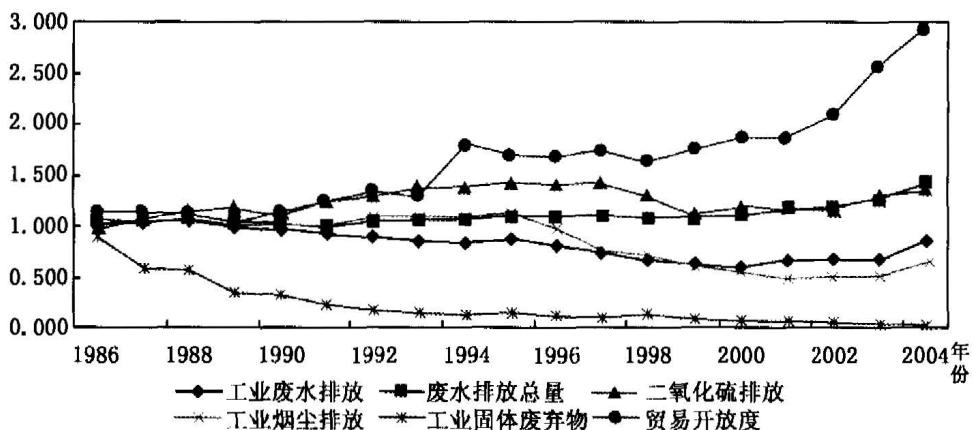
作者简介:杜希饶(1971—),男,湖北长沙人,湖南理工大学讲师;

刘凌(1976—),男,湖南岳阳人,湖南理工大学讲师。

Krueger 两位学者。Grossman 和 Krueger(1991)在分析北美自由贸易协议(NAFTA)协议的环境效应时,首次实证考察了环境—收入倒 U 型关系的存在。Grossman 和 Krueger(1993,1995)开创性地将经济增长对环境质量的影响效应分解为下列 3 类效应:(1)规模效应,即较大规模的生产水平对应于更严重的污染排放、环境质量下降。(2)结构效应,强调随着经济的发展,经济、产业结构转化与调整对环境保护的正面影响。(3)技术进步效应。Grossman 和 Krueger(1991)这一分析范式也为后学者在研究国际贸易的环境效应时所广泛应用。正如众多学者所指出的,国际贸易是解释环境库兹涅茨曲线的重要变量(Birdsall 和 Wheeler,1993;Lee 和 Ronald-Holst,1997;Jones 和 Rodolfo,1995 等)。首先,贸易开展将扩大经济规模,因而直接增加了污染经济活动。其次,国际贸易也具有结构效应、技术效应。值得注意的是,国际贸易的结构效应具有双重性:一国污染密集型产品生产活动的减少必然意味着贸易国此类产品产量的上升,即“替代效应”或是“污染天堂假设”(Pollution Haven Hypothesis)。根据比较优势原理,国际贸易对环境质量的影响是污染密集型产业将由发达国家转移到发展中国家,或是有环境管制较强的国家转移到管制较弱的国家(Copeland 和 Taylor,1995)。因此,贸易对环境的影响实际上反映的是专业化分工模式的不同:发达国家专业化生产污染较低的产品,而发展中国家则专业化生产资源、能源密集型产品(Cole 等,2000)。一旦发达国家执行了严格的环境管制措施,经济开放、贸易自由化的结果是加速了污染型产业由发达国家向发展中国家转移的速度(Rock,1996;Tobey,1990)。一些学者也对我国国际贸易与环境质量的关系进行了经验分析。例如,张连众等(2003)利用中国 2000 年 31 个省市的 SO<sub>2</sub> 排放量的横截面数据进行回归分析,结果表明贸易自由化有利于我国的环境保护。类似地,兰天(2004)选用 1995~2001 年中国 30 个省市的面板数据,将 CO<sub>2</sub> 排放量作为污染指标,得到了与张连众等(2003)基本一致的结论。李善同等(1999)则通过建立一个动态递推的中国经济—环境可计算一般均衡(CGE)模型就贸易自由化对中国产生的环境影响作了分析,其研究结论认为增长效应是污染增加的主要原因,贸易自由化并不会导致中国环境的迅速恶化。

与上述学者不同,本文试图在内生经济增长模型中同时考虑环境污染与国际贸易,来综合分析国际贸易、环境质量与长期经济增长三者之间的内在关系。图 1 给出了 1986~2004 年期间我国五类污染排放指标(工业废水排放量、废水排放总量、二氧化硫排放总量、工业烟尘排放量以及工业固体废弃物排放量)与贸易开放度的变化趋势图。对图 1 的一个直观分析似乎验证了张连众等学者对我国国际贸易—环境质量实证分析的一般结论,即贸易自由化有利于抑制污染排放与环境保护。然而,上述经验数据并没有告诉我们国际贸易影响环境污染的内在机理,同时从图 1 来看样本期间不同污染物排放的

变化趋势也存在着较大差异。因此,类似于Grossman和Helpman(1991)、Rivera-Batiz和Romer(1991)等的开放经济内生增长模型,我们通过将环境污染作为内生要素、构建了一个小国开放的多部门内生经济增长模型。通过对理论模型的系统分析,本文试图回答以下主要问题:环境外部性是否抑制长期经济增长?开放经济下,一国贸易如何影响经济增长?贸易自由化是否有利于环境质量的改善?在考虑环境外部性的情况下,贸易开放对社会福利的影响效应又会怎样?本文内容安排如下:第二部分是基本模型描述,包括各部门生产技术、消费者偏好及市场结构;第三部分通过竞争性市场均衡分析,考察实现经济持续增长的条件以及贸易、增长、福利与环境之间的内在关系;第四部分给出结论及模型的现实涵义。



说明:图中各变量数值均为以该变量1985年值为基期的相对值;数据来源于《中国环境年鉴》、《中国统计年鉴》相应各期。

图1 我国贸易开放度与5类污染排放的变化趋势:1986~2004

## 二、基本模型设定

我们考察一个小国开放经济,类似于国际贸易理论的其他研究者(Grossman和Helpman,1991),我们对小国的定义有如下含义:首先,小国面对的是具有完全弹性的世界市场上的需求和给定的外生价格;其次,不考虑小国金融资产的国际贸易和知识资本的国际流动;最后,在小国内,创新活动仅发生在生产非贸易商品的部门。我们假定:某一小国按照外生的给定相对价格交换两种最终产品。贸易的格局反映出该国的要素禀赋。换言之,生产这两种供交换的商品的部门分别密集地使用一种不同的初级生产要素。而在任何时期,该国均相对的专门生产可以密集使用其禀赋较丰裕的生产要素。随着时间的推移,生产能力的提高使这两个生产贸易商品的部门的生产可能性曲线扩张。生产能力的提高源于生产非贸易商品部门内的内生创新活动。

假定一个小国以外生给定的世界价格交易两种最终产品,但初级生产要

素和中间投入品以及新的设计方案都是非贸易商品。国内厂商使用初级投入和中间产品生产这两种最终产品，两种初级投入即物质资本和人力资本的供给为给定且缺乏弹性。我们以其使用初级要素的密集程度区分生产最终产品的这两种行业，为了便于说明要素密集程度差异的影响，我们的模型考虑一个特殊情形：假设每一行业只使用一种初级投入。下面分别讨论各个部门的技术、消费者偏好以及市场结构。

### (一) 技术

#### 1. 最终产品部门

国内存在着两个部门生产两种最终产品，其数量分别用  $Y$  和  $Z$  表示，每一部门又存在着无数个同质的最终产品生产商。生产两种最终产品的技术均为不受时间影响的柯布一道格拉斯技术，规模收益不变，并且假设每一部门只使用一种初级投入，生产最终产品  $Y$  的部门只使用人力资本，其使用量为  $H_Y$ ，生产最终产品  $Z$  的部门只使用物质资本，其使用量为  $K_Z$ 。于是有：

$$Y = A_Y H_Y^a D_Y^{1-a} \quad (1)$$

$$Z = A_Z K_Z^a D_Z^{1-a} \quad (2)$$

在(1)式和(2)式中， $A_i$  ( $i=Y, Z$ ) 为常量，受计量单位影响，表示外生的一般性生产力技术水平，可视为一系列制度因素，如政府行为、法律体系、产权安排等的函数。 $D_i$  为中间产品指数，表示行业  $i$  ( $i=Y, Z$ ) 中所使用的中间产品量。这里，我们还假定各部门使用中间投入品的密集程度相同，以保证平衡增长路径的存在。如果没有这一假设，其中的一个部门可能会逐渐衰落，并在长期均衡中完全消失。对于中间投入指数，考虑投入品是水平差异的，沿袭 Grossman 和 Helpman (1991)，有：

$$D_i = \left[ \int_0^N x_i(j)^{\beta} dj \right]^{\frac{1}{\beta}}, 0 < \beta < 1 \quad (3)$$

其中， $N$  为国内中间产品的种类数，为避免整数约束，设  $N$  是连续而非离散的； $x_i(j)$  为在最终产品  $i$  中，中间产品  $j$  ( $j \in [0, N]$ ) 的投入量；参数  $\beta$  控制不同中间投入品之间的替代弹性， $\epsilon = 1/(1-\beta) > 1$ 。

#### 2. 中间产品部门

在中间产品部门，在区间  $[0, N]$  上分布着无数个中间产品生产商，每个厂商只生产一种中间产品，且每种中间产品之间两两不同。一旦新的产品品种或设计方案被 R&D 部门研发出来后，下游的某一中间产品生产商将通过购买该设计方案专利，从而开始这种新中间产品的独家生产。假设不同的中间产品的生产将使用同样的规模收益不变的柯布一道格拉斯技术：

$$x(j) = A_x [K_x(j)]^\gamma [H_x(j)]^{1-\gamma}, A_x > 0, 0 < \gamma < 1, j \in [0, N] \quad (4)$$

其中， $x(j)$  表示生产的第  $j$  种中间产品的数量； $A_x > 0$  为中间产品部门的生产力参数； $K_x(j)$  表示为生产第  $j$  种中间产品所投入的物质资本数量； $H_x(j)$  为生

产第j种中间产品所投入的人力资本数量。

### 3. 研发部门

研发部门开发新的中间产品品种或设计方案,研发产出取决于该部门人力资本投入以及已有的知识资本存量,但不需要物质资本,其生产函数形式为:

$$\dot{N} = A_N H_N N, A_N > 0 \quad (5)$$

其中,N表示经济中已有的技术知识存量,  $\dot{N}$  为技术知识的增量;  $A_N > 0$  为研发部门的生产力参数;  $H_N$  为研发活动的人力资本的投入数量。

### 4. 环境质量

为了避免增加更多的状态变量,本文模型中视环境质量为流量,我们考虑环境质量变化的两种函数形式。

首先,环境质量被视为污染排放的函数:

$$E = A_E P_Y^{\theta_1} P_Z^{\theta_2}, A_E > 0, \theta_1 < 0, \theta_2 < 0 \quad (6)$$

其中, $P_Y$  和  $P_Z$  分别为最终产品部门 Y 和 Z 的污染排放水平,污染排放作为最终产品生产的副产物,我们将其函数形式设定为: $P_Y = Y^\lambda, P_Z = Z^\lambda (\lambda > 0)$ ,于是有:

$$E = A_E (Y^{\theta_1} Z^{\theta_2})^\lambda \quad (7)$$

其次,我们假设在最终产品的生产中由于使用中间产品而产生污染,从而损害消费者对舒适环境的享受,因此我们设定如下函数形式:

$$E = \left[ \int_0^N x(j)^\eta dj \right]^{\frac{1}{\eta}}, \eta > 0 \quad (8)$$

### (二) 消费偏好

假定代表性消费者在无限时域上对两种贸易商品和环境质量产生效用,且有一个标准的固定弹性不可分效用函数:

$$U(C_Y, C_Z, E) = \begin{cases} \frac{(C_Y^\varphi C_Z^{1-\varphi} E^\delta)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma}, & 0 < \sigma < 1, \sigma \neq 1 \\ \ln C_Y + (1-\varphi) \ln C_Z + \delta \ln E, & \sigma = 1 \end{cases} \quad (9)$$

其中, $U(C_Y, C_Z, E)$  表示瞬时效用, $C_i$  为对最终产品 i( $i=Y, Z$ ) 的消费量,E 为环境质量。 $0 \leq \varphi \leq 1, \delta \geq 0, \varphi(1-\sigma) < 1, \delta(1-\sigma) < 1$ , 并且瞬时效用函数关于 C 和 E 是非递减,严格拟凹的。

### (三) 市场结构

假设两种贸易品(Y 和 Z)的市场、劳动力市场、资本市场以及来自于 R&D 部门的新的中间产品设计方案市场都是完全竞争的,而对于中间产品市场,作两个标准假设:中间产品部门是自由进出的;当中间产品生产商的上游部门(研发部门)开发出一个新的产品品种或设计方案以后,这个新方案便被某一中间产品生产商购买,并进行垄断性生产。

### 三、市场均衡分析

#### (一) 均衡条件

在均衡增长路径上,均衡数量序列和均衡价格序列应满足下列条件:

1. 消费者效用最大化。消费者的财富由拥有的人力资本、物质资本的价值等因素决定。给定消费品(即最终产品)的价格、利率和环境质量,消费者在无限时域上通过最大化自己的效用决定其消费和财富积累的时间路径。
2. 最终产品生产商利润最大化。给定最终产品的价格、人力资本工资率、物质资本出租率,以及中间产品价格,最终产品生产商通过选择投入一定数量的物质资本、人力资本和本国的中间产品以使之实现利润最大化。
3. 中间产品生产商利润最大化。中间产品生产商在面对向右下方倾斜的需求曲线,以及最终产品价格、人力资本工资率、物质资本出租率、新的差异产品设计方案专利价格和已开发出的差异产品种类既定的情况下,最大化其垄断利润流。
4. R&D 生产者利润最大化。R&D 生产者在中间产品设计方案专利价格、人力资本工资率以及知识资本存量外生给定的条件下,通过选择投入 R&D 活动的人力资本使之实现利润最大化。
5. 所有市场(包括人力资本市场、资本市场等)出清。

#### (二) 均衡增长路径

根据最终产品生产企业的利润最大化条件,如果两种最终产品的生产量均为正值,那么每一种最终产品的单位成本均等于其世界价格。可适用的单位成本函数对应于(1)式和(2)式的柯布一道格拉斯生产函数。通过对这两式中的常数  $A_i$  ( $i=Y, Z$ ) 做出适当的选择,最终产品生产中的不完全专业化意味着:

$$p_Y = w_H^a p_D^{1-a} \quad (10)$$

$$p_Z = w_K^b p_D^{1-b} \quad (11)$$

$$p_D = \left[ \int_0^N (p_x(j))^{B-1} dj \right]^{\frac{1}{B}} \quad (12)$$

其中,  $w_H$  为人力资本工资率;  $w_K$  为资本出租率;  $p_i$  为贸易产品  $i$  ( $i=Y, Z$ ) 的世界价格;  $p_D$  为中间投入品的价格指数,表示获取一单位数量指数 D 的最小生产成本;  $p_x(j)$  为第  $j$  ( $j \in [0, N]$ ) 种中间产品的价格。如果某种产品的单位成本超过其世界价格,则该种产品的生产将停止。

在研发部门,假设中间产品设计方案专利价格为  $P_N$ ,从而均衡条件要求  $P_N$  必须等于其单位成本,即:

$$P_N = \frac{w_H}{A_N N} \quad (13)$$

通过对单位成本函数(12)式应用 Shepherd 引理,我们可以发现投入  $D_i$  数量用于生产最终产品的企业对  $x_i(j)$  的引致需求:

$$x_i(j) = D_i(p_x(j))^{-\frac{1}{\beta-1}} \left[ \int_0^N (p_x(s))^{\frac{\beta}{\beta-1}} ds \right]^{\frac{1}{\beta}}, i = Y, Z; j \in [0, N] \quad (14)$$

由(14)式可以看出,中间产品生产企业面对的需求曲线是向右下方倾斜的,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。由利润最大化条件可得中间产品部门的垄断定价为:

$$p_x(j) = \frac{w_K^\gamma w_H^{1-\gamma}}{\beta}, j \in [0, N] \quad (15)$$

根据(14)、(15)式,很显然,在均衡条件下,所有已开发的差异产品都对称地投入到最终产品部门,从而所有的中间产品生产企业具有相同的需求函数、利润水平。再结合(12)式,有:

$$p_D = p_x N^{\frac{\beta-1}{\beta}} \quad (16)$$

其中,  $p_x$  为所有中间产品共同的均衡价格。

由成本函数(10)、(11)、(15)式以及(16)式,可解得两种初级投入要素价格:

$$w_H = \beta^{1-\alpha} p_Y \left( \frac{p_Y}{p_Z} \right)^{\frac{(1-\alpha)\gamma}{\alpha}} N^{\frac{1-\beta}{\beta}(1-\alpha)} \quad (17)$$

$$w_K = \beta^{1-\alpha} p_Y \left( \frac{p_Y}{p_Z} \right)^{\frac{(1-\alpha)\gamma-1}{\alpha}} N^{\frac{1-\beta}{\beta}(1-\alpha)} \quad (18)$$

在均衡状态,我们假定贸易产品的世界价格为一个常数,从而(16)式与(17)式表明  $w_H/w_H = w_K/w_K = (1-\alpha)(1-\beta)N/N\beta = (1-\alpha)(1-\beta)g_N/\beta$ , 其中  $g_N = N/N$ 。结合(13)式,得:

$$\frac{p_N}{p_N} = \left[ \frac{(1-\alpha)(1-\beta)}{\beta} - 1 \right] g_N \quad (19)$$

利用 Shepherd 引理,我们可以从成本函数(10)、(11)、(13)、(15)式和(16)式分别得到各部门对两种初级要素的需求:

$$H_Y = \alpha p_Y Y / w_H, H_x = \beta(1-\gamma) p_x x / w_H, H_N = p_N N g_N / w_H$$

$$k_Z = \alpha p_Z Z / w_K, K_x = \beta \gamma p_x x / w_K$$

结合要素市场出清条件以及恒等关系式,  $p_x N_x = p_D (D_Y + D_Z) = (1-\alpha)(p_Y Y + p_Z Z)$  可得:

$$w_H H = \alpha p_Y Y + (1-\alpha)\beta(1-\gamma)(p_Y Y + p_Z Z) + p_N N g_N \quad (20)$$

$$w_K K = \alpha p_Z Z + (1-\alpha)\beta\gamma(p_Y Y + p_Z Z) \quad (21)$$

为了模型分析方便,对(20)、(21)式作如下变形:

$$\bar{w}_H H = [\alpha + (1-\alpha)\beta(1-\gamma)] p_Y \bar{Y} + (1-\alpha)\beta(1-\gamma) p_Z \bar{Z} + \bar{p}_N g_N \quad (22)$$

$$\bar{w}_K K = (1-\alpha)\beta \gamma p_Y \bar{Y} + [\alpha + (1-\alpha)\beta \gamma] p_Z \bar{Z} \quad (23)$$

其中,  $\bar{w}_K = w_K / N^{1-\beta(1-\alpha)}$ ,  $\bar{w}_H = w_H / N^{1-\beta(1-\alpha)}$ ,  $\bar{Y} = Y / N^{1-\beta(1-\alpha)}$ ,  $\bar{Z} = Z / N^{1-\beta(1-\alpha)}$ ,  $\bar{p}_N = p_N / N^{1-\beta(1-\alpha)-1}$ 。将所得到的两个等式相加, 就有:

$$\bar{w}_H H + \bar{w}_K K = [1 - (1-\alpha)(1-\beta)](p_Y \bar{Y} + p_Z \bar{Z}) + \bar{p}_N g_N \quad (24)$$

(24)式表示总的资源约束条件, 即初级投入的总价值, 等于在研发部门和生产部门所用资源的价值之和。

我们接下来讨论无套利条件。由于 R&D 部门是可以自由进出的, 故在均衡中, 中间产品的设计方案专利价格应等于垄断生产者所能获得利润的贴现值。在一个有完全预见性的均衡中, 中间产品生产企业所有者得到的全部利润(红利加上资本收益)应该等于对无风险债务投资的收益, 因此, 资本市场的均衡条件意味着下面的非套利条件必须成立:

$$\pi + \dot{p}_N = r p_N \quad (25)$$

其中,  $\pi$  为企业所有者获得的利润水平,  $r$  为本国资本市场上的瞬时利率。

由(14)式和(15)式易得  $\pi = (1-\beta)p_x x$ , 因此,  $\pi/p_N = (1-\beta)p_x x/p_N = (1-\beta)p_D D/Np_N = (1-\alpha)(1-\beta)(p_Y \bar{Y} + p_Z \bar{Z})/Np_N$ , 结合(19)、(25)式, 可得:

$$\frac{(1-\alpha)(1-\beta)(p_Y \bar{Y} + p_Z \bar{Z})}{p_N} + \left[ \frac{(1-\alpha)(1-\beta)}{\beta} - 1 \right] g_N = r \quad (26)$$

再回到消费者的配置问题。考虑用间接效用函数替换直接效用函数(9), 于是有:

$$\begin{aligned} V(p_Y, p_Z, Q, E) &= \frac{(QE^\delta / p_Y^{\varphi} p_Z^{1-\varphi})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \\ &= \max_{C_Y, C_Z} \left( \frac{(C_Y^{\varphi} C_Z^{1-\varphi} E^\delta)^{1-\delta} - 1}{1-\sigma} \right), \text{s. t. } p_Y C_Y + p_Z C_Z = Q \end{aligned}$$

其中,  $Q$  为支出。代表性家庭的最优化问题就是在无限时域内使其效应最大化, 即求解以下动态优化问题:

$$\max_Q \int_0^\infty V(p_Y, p_Z, Q, E) e^{-\rho t} dt$$

$$\text{s. t. } \dot{a} = ra + w_K K + w_H H - Q$$

其中,  $a$  表示家庭的资产。通过运用 Pontryagin 最大值原理, 得到的关键条件就是关于消费支出和环境质量的最优路径:

$$\sigma \frac{\dot{Q}}{Q} - \delta(1-\sigma) \frac{\dot{E}}{E} = r - \rho \quad (27)$$

根据效用函数的性质, 由于消费者具有完全理性预期, (27)式表明环境质量的变化将影响消费者的最优支出配置, 即尽管消费者视环境  $Q$  为外生给定, 但随着环境质量的演变, 消费者将相应地调整其消费支出安排。特别地, 如果  $\sigma = 1$ , 即效用函数为对数形式, 此时效用函数关于消费  $C$  和环境  $Q$  是加性可分

的,(27)式中第二项将消失,从而消费支出的最优时间路径将不受环境质量Q的影响。

最后,由于没有国际资本流动,意味着一国的贸易必须在任一时点保持平衡。贸易平衡条件要求支出的价值等于国民收入,即:

$$Q = p_Y Y + p_Z Z \quad (28)$$

根据(1)、(2)式,在均衡增长路径上,变量Y和Z具有相等的增长率,且 $\dot{Y}/Y = \dot{Z}/Z = (1-\alpha)(1-\beta)\dot{N}/N\beta = (1-\alpha)(1-\beta)g_N/\beta$ 。因此,通过对(28)式进行微分,得到:

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{(1-\alpha)(1-\beta)}{\beta} g_N \quad (29)$$

另一方面,结合(7)式或(8)式以及 $\dot{Y}/Y = \dot{Z}/Z = (1-\alpha)(1-\beta)g_N/\beta$ ,有:

$$\frac{\dot{E}}{E} = \frac{\lambda(\theta_1 + \theta_2)(1-\alpha)(1-\beta)}{\beta} g_N \text{ 或 } \frac{\dot{E}}{E} = \frac{\eta-1}{\eta} g_N \quad (30)$$

将(29)、(30)式代入(27)式,易得:

$$r = \rho + \kappa \frac{(1-\alpha)(1-\beta)}{\beta} g_N \quad (31)$$

其中, $\kappa = \sigma - \delta(1-\sigma)\lambda(\theta_1 + \theta_2)$ 。如果环境质量采用(8)式所设定的函数形式,则有 $r = \rho + \kappa'(1-\alpha)(1-\beta)g_N/\beta$ ,其中 $\kappa' = \sigma - \delta(1-\sigma)(\eta-1)\beta/\eta(1-\alpha)(1-\beta)$ 。联立(17)、(18)式以及(13)、(24)、(26)式,可以求得稳定状态的技术进步率 $g_N$ 为:

$$g_N = \frac{\dot{N}}{N} = \frac{\Delta A_N [H + (p_Y/p_Z)^{-\frac{1}{\beta}} K] - \rho}{1 + \Delta + [(1-\alpha)(1-\beta)/\beta](\kappa-1)}$$

其中, $\Delta = (1-\alpha)(1-\beta)/[1 - (1-\alpha)(1-\beta)]$ 。如果应用(8)式,则将上式中技术进步率 $g_N$ 表达式的 $\kappa$ 替换为 $\kappa'$ 。结合(29)、(30)式以及 $\dot{Y}/Y = \dot{Z}/Z = (1-\alpha)(1-\beta)g_N/\beta$ ,我们得到命题1。

**命题1:**开放经济条件下,均衡增长路径上各经济变量的增长率为:

$$g_N = \frac{\dot{N}}{N} = \frac{\Delta A_N [H + (p_Y/p_Z)^{-\frac{1}{\beta}} K] - \rho}{1 + \Delta + [(1-\alpha)(1-\beta)/\beta](\kappa-1)} \quad (32)$$

$$g_C = \frac{\dot{C}_Y}{C_Y} = \frac{\dot{C}_Z}{C_Z} = \frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{(1-\alpha)(1-\beta)}{\beta} g_N \quad (33)$$

$$g_E = \frac{\dot{E}}{E} = \frac{\lambda(\theta_1 + \theta_2)(1-\alpha)(1-\beta)}{\beta} g_N \text{ 或 } g_E = \frac{\dot{E}}{E} = \frac{\eta-1}{\eta} g_N \quad (34)$$

命题1中均衡解的获得是基于内点解的假设,故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 $0 < H_N < H$ 。我们还注意到只有当 $(1-\alpha)(1-\beta)(1-\kappa)g_N/\beta < \rho$ 时,关于消费者的效用函数的积分是收敛的,事实上,消费者效用最大化问题的横截性条件就保证了该不等式的成立。因此,在模型中,我们假设模型参数

同时满足内点解存在性条件和效用函数积分收敛条件,根据(5)式与(32)式,则必有  $g_N > 0$ ,并且关于技术进步率  $g_N$  的表达式(即(32)式)中的分子与分母均为正;消费增长率  $g_C > 0$ ,即沿着均衡增长路径,消费(产出)不断增长;如果环境外部性由方程(7)式刻画,则沿着均衡增长路径,环境质量以一常数速率衰退,因为根据(34)式,有  $g_E < 0$ ;如果环境质量的函数形式由(8)式给出,  $g_E$  的符号不确定,由(34)式可知,当  $\eta > 1$  时,  $g_E > 0$ ;沿着均衡增长路径,环境质量将不断改善,当  $0 < \eta \leq 1$  时,环境质量维持原状甚至加速衰退。本文模型中,环境外部性由参数关系式  $\delta\lambda(\theta_1 + \theta_2)$ (如果环境质量函数为(7)式)或  $\delta(\eta - 1)\beta/\eta(1-\alpha)(1-\beta)$ (环境质量函数为(8)式)给定,我们假定  $-\delta\lambda(\theta_1 + \theta_2) < 1$  或  $\delta(\eta - 1)\beta/\eta(1-\alpha)(1-\beta) < 1$ ,即假设经济中消费者相对于环境质量而言更偏好于消费。

为了分析一国经济中要素禀赋以及各个经济环境参数的变化对稳态增长率  $g_c$  的影响,通过将(32)式代入(33)式并对(33)式求偏导数,我们可得:  $\partial g_c / \partial K > 0$ ;  $\partial g_c / \partial H > 0$ ;  $\partial g_c / \partial A_N > 0$ ;  $\partial g_c / \partial \rho < 0$ ;  $\partial g_c / \partial \sigma < 0$ ;  $\partial g_c / \partial \beta < 0$ 。于是有命题 2。

**命题 2:**一国经济中的物质资本  $K$  和人力资本  $H$  禀赋越丰富,研发部门的产出效率  $A_N$  越高,消费者的时间偏好率  $\rho$  越低,边际效用弹性  $\sigma$  以及替代弹性  $\eta$  越小,则稳态经济增长率  $g_c$  就越高。

### (三) 环境与增长

在我们的模型中,环境外部性是否抑制长期经济增长?这要视具体情况而定。

如果消费者的跨期替代弹性  $1/\sigma$  大于 1(即边际效应弹性  $\sigma < 1$ ),则环境外部性将降低均衡增长率。这由(32)式易知,当消费者不对环境质量产生效用时(即  $\delta=0$ ),关于  $g_c$  的表达式中分母将变小,从而均衡增长率  $g_c$  变大;并且,  $g_c$  随着参数  $\delta$  的增大而减小:这意味着经济中消费者的环境保护意识越强( $\delta$  越大),均衡增长率越低。类似地,我们考察环境质量关于污染排放水平的弹性参数( $\theta_1$  和  $\theta_2$ )以及污染排放关于产出的弹性参数( $\lambda$ )的变化对均衡增长率的影响效应。易知,当  $\sigma < 1$  时,均衡增长率随着弹性参数  $\lambda$  以及  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  的(绝对值)增大而减小。相反,如果跨期替代弹性  $1/\sigma$  小于 1(即  $\sigma > 1$ ),则环境外部性将促进长期经济增长,并且,消费者的环保意识参数  $\delta$ 、环境质量的弹性参数  $\lambda$  以及  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  的(绝对值)越大,均衡增长率就越高。

特别地,当  $\sigma=1$  时(此时效用函数为对数形式),效用函数关于消费和环境是加性可分的,则在竞争性市场均衡条件下,环境将不影响长期经济增长。

因此,我们可以得到命题 3。

### 命题 3:

(1) 环境外部性抑制、不影响、或促进长期经济增长,当且仅当消费者的

跨期替代弹性( $1/\sigma$ )大于、等于或小于1。

(2) 当  $\sigma < 1$  时, 均衡经济增长率  $g_c$  随着消费者的环保意识参数  $\delta$ 、环境质量的弹性参数  $\lambda$  以及  $\theta_1, \theta_2$  的(绝对值)增大而减小; 当  $\sigma > 1$  时, 结论正好相反。

(3) 如果环境质量函数由(8)式给定, 则命题(1)当且仅当  $\eta < 1$  时成立; 当  $\eta > 1$  时, 所得结论正好相反; 当  $\eta = 1$  时, 环境外部性将不影响长期经济增长。

#### (四) 贸易与增长

为了研究贸易对经济增长的影响, 我们可以比较在发生贸易条件下的均衡和没有贸易时的均衡。从生产方面来讲, 自给自足条件下的经济与贸易条件下的经济相似, 惟一不同之处在于自给自足条件下的产品价格不同于世界市场上的价格。小国在贸易条件下进口的产品的价格低于其在自给自足条件下该种产品的价格。通过分析这种外生的进口产品相对价格的下降, 从而来讨论贸易对增长的影响。

如前文所述, 我们假设在自给自足条件下和自由贸易条件下, 一国在最终产品生产方面都没有实现完全专业化。根据(17)、(18)式, 有:

$$\left(\frac{p_Y}{p_Z}\right)^{\frac{1}{\alpha}} = \left(\frac{w_H}{w_K}\right) \quad (35)$$

(35)式表明人力资本密集型最终产品的相对价格上升, 将带来人力资本的相对报酬的上升。这正是国际贸易理论中的 Stopler-Samuelson 定理。

将(35)式代入(32)式, 有  $g_N = \frac{\Delta A_N [H + (w_H/w_K)^{-1}K] - \rho}{1 + \Delta + [(1-\alpha)(1-\beta)/\beta](\kappa-1)}$ 。不妨设  $(p_Y/p_Z)_A$  和  $(p_Y/p_Z)_W$  分别为自给自足条件下和世界市场上人力资本密集型产品 Y 和物质资本密集型产品 Z 的相对价格。如果  $(p_Y/p_Z)_A > (p_Y/p_Z)_W$ , 则小国在生产物质资本密集型的最终产品上有比较优势, 该国在贸易均衡中将出口物质资本密集型的最终产品和进口人力资本密集型的最终产品, 根据(35)式, 该国在参与到世界市场之中以后, 由于人力资本密集型产品的相对价格下降, 从而引起人力资本相对报酬的下降。作为贸易自由化的结果, 以人力资本衡量的资源存量  $[H + (w_H/w_K)^{-1}K]$  会扩张, 因此, 该国的技术进步率会提高, 进而使得经济增长速度提高(事实上, 由(32)、(33)式, 可直接得到此结论, 因为  $\partial g_c / \partial (p_Y/p_Z) < 0$ )。这一结论非常直观。国际竞争使得生产进口产品 Y 的部门收缩, 这使得人力资本的供给过剩, 从而导致人力资本的工资下降。由(13)式可知, 此时研发部门的技术创新成本下降, R&D 部门得以扩张, 即贸易使得资源从制造业部门释放出来, 并被研发部门所利用, 使得技术创新的速度提高, 从而贸易促进长期经济增长。

相反, 如果  $(p_Y/p_Z)_A < (p_Y/p_Z)_W$ , 则该国在贸易均衡中将出口人力资本密集型的最终产品和进口物质资本密集型的最终产品。随着贸易的发生, 该

国人力资本相对报酬上升,所以可获得的资源存量 $[H + (w_H/w_K)^{-1}K]$ 将收缩,于是均衡增长率将下降。因为贸易而扩张的部门是和研发部门竞争要素投入的,即出口部门的扩张是以技术创新部门的收缩为代价的,从而贸易就会妨碍经济增长。综上,在我们的小国开放模型中有命题4。

**命题4:**如果 $(p_Y/p_Z)_A > (p_Y/p_Z)_W$ ,则一国进口人力资本密集型产品Y和出口物质资本密集型产品Z,贸易条件将改善,从而有利于长期经济增长;相反,如果出口人力资本密集型产品Y和进口物质资本密集型产品Z,则贸易条件 $(p_Z/p_Y)$ 的改善将妨碍长期经济增长。

### (五)贸易与环境

类似于讨论贸易对增长的影响,通过分析外生的进口产品相对价格的下降,来探讨贸易对环境质量影响的水平效应和长期增长效应。

利用(7)式,环境质量函数可写为:

$$E = A_E (\bar{Y}^{\theta_1} \bar{Z}^{\theta_2})^\lambda N^{\lambda(\theta_1 + \theta_2)(1-\alpha)\frac{1-\beta}{\beta}} \quad (36)$$

其中, $\bar{Y} = Y/N^{(1-\alpha)\frac{1-\beta}{\beta}}$ , $\bar{Z} = Z/N^{(1-\alpha)\frac{1-\beta}{\beta}}$ 。对(36)式关于最终产品Y的价格 $p_Y$ 求微分,然后两边同时乘以 $p_Y$ ,我们可以得到以下关于价格弹性的等式:

$$\epsilon_{EY} = \theta_1 \epsilon_{YY} + \theta_2 \epsilon_{ZY} + \lambda(\theta_1 + \theta_2) \frac{(1-\alpha)(1-\beta)}{\beta} \epsilon_{NY} \quad (37)$$

其中, $\epsilon_{jY}$ 为变量 $j(j=\bar{Y}, \bar{Z}, E, N)$ 关于最终产品Y的价格弹性。根据(17)、(18)、(20)式以及(21)式,可得到关于 $\epsilon_{YY}$ 、 $\epsilon_{ZY}$ 和 $\epsilon_{NY}$ 的表达式,然而,在一般情况下,它们的符号都是不确定的,因此 $\epsilon_{EY}$ 的符号也是模棱两可的(可正可负),即小国在时点 $t(t \in [0, +\infty])$ 实行贸易自由化对环境污染水平的影响效应是不确定的。如果环境质量由函数(8)式给定,则 $\epsilon_{EY} = -\epsilon_{xY} + (1 - 1/\eta) \epsilon_{NY}$ ,其中 $\epsilon_{xY}$ 为变量x关于 $p_Y$ 的弹性,此时我们有类似的结论。

另一方面,根据命题4,当 $(p_Y/p_Z)_A > (p_Y/p_Z)_W$ ,则小国在贸易均衡中将进口人力资本密集型产品Y和出口物质资本密集型产品Z,贸易条件的改善将促进长期经济增长,但由(34)式有 $\partial g_E / \partial (p_Y/p_Z) > 0$ ,即环境质量随着贸易条件的改善将以更高的速率恶化。当 $(p_Y/p_Z)_A < (p_Y/p_Z)_W$ ,则贸易条件的变化抑制长期经济增长但有利于环境质量的改善。

于是有命题5。

### 命题5:

(1)一国贸易条件 $(p_Y/p_Z)$ 改善对环境质量影响的水平效应具有不确定性。

(2)一国贸易条件改善对环境质量的影响效应依赖于国际贸易的增长效应:如果贸易促进经济增长,则贸易自由化不利于环境质量的改善;相反,如果贸易抑制经济增长,则有利于环境质量的改善。

(3)如果环境质量由(8)式给定,则命题(1)当且仅当 $0 < \eta < 1$ 时成立;当

$\eta > 1$  时,所得结论正好相反;当  $\eta = 1$  时,贸易自由化将不影响一国的环境质量。

### (六) 贸易与福利

在我们的开放模型中,贸易对福利的影响是不确定的,这一结果是由贸易开放对福利影响的双重效应所决定:一方面是来自贸易的静态收益。根据贸易平衡条件和罗伊等式(Roy's Identity),一国在参与到世界市场中以后,进口产品的价格降低将提高消费者效用;同时,在市场均衡条件下,贸易还可能通过增长渠道对福利产生正的动态效应。另一方面,贸易通过影响环境质量而对福利产生负的影响效应。因此,贸易自由化对福利的影响是模棱两可的。

## 五、结 论

贸易自由化是否将导致污染排放上升与环境质量恶化? 污染外部性是否将不可避免地导致经济增长率的下降? 在考虑环境外部性的情形下,贸易开放又具有怎样的增长效应与福利影响? 本文在 Grossman 和 Helpman(1991) 和 Rivera-Batiz 和 Romer(1991) 模型的基础上,导入了一个包含环境因素的小国开放的多部门内生增长模型,系统地分析了开放条件下贸易开放、环境污染、经济增长与福利效应之间的关系。通过对模型均衡求解,得到了如下主要结论:

首先,开放经济条件下,一国经济中的物质资本和人力资本禀赋越丰富,研发部门的产出效率( $A_N$ )越高,消费者的时间偏好率( $\rho$ )越低,边际效用弹性( $\sigma$ )以及替代弹性( $\beta$ )越小,则稳态经济增长率就越高。这一结论与已有增长文献的基本结论是类似的(Barro 和 Sala-I-Martin, 1995; Aghion 和 Howitt, 1998),表明了研发、人力资本等内生技术进步来源对长期经济增长的关键作用。本文研究也强调消费者环保意识的提高对长期经济增长的重要性:在经济增长受到环境质量变化与污染排放的约束情形下,消费者环保意识的加强将有助于提高长期稳态增长率。

其次,环境外部性对长期经济增长的影响效应依赖于消费者的跨期替代弹性( $1/\sigma$ ):如果跨期替代弹性大于 1,则环境外部性抑制长期经济增长;相反,如果跨期替代弹性小于 1,则环境外部性有利于经济增长。由于  $\sigma$  实际度量了消费者跨期消费模式的选择( $\sigma$  越大,表明代表性家庭就越不愿意选择对平滑消费模式的偏离),而且不同经济系统的跨期替代弹性值存在较大的差异,因此这一条件的现实涵义是环境污染的增长效应实际上取决于消费者的跨期消费模式偏好。

我们尤其关注国际贸易对长期经济增长的影响。本文模型分析结果表明,如果一国由于贸易开放使得生产进口产品的部门收缩,而 R&D 部门得以扩张,即贸易使得资源从制造业部门释放出来,并被研发部门所利用,使得技

术创新的速度提高，则贸易将促进长期经济增长；相反，如果因为贸易而扩张的部门是和研发部门竞争要素投入的，即出口部门的扩张是以技术创新部门的收缩为代价的，则贸易就会妨碍经济增长。因此，与传统贸易理论所强调的贸易静态利益相比，本文模型中贸易对稳态经济增长的促进效应是一种动态利益，即强调贸易开放带来的人力资本部门配置效应以及贸易开放的技术外溢效应。这一理论分析结果也为我国近年来所制定的“科技兴贸”战略提供了一定的理论依据：科技兴贸不仅能够通过改善出口商品结构、增强出口商品技术含量而直接提高出口部门自身的竞争力与改善贸易条件，而且通过调整要素的部门间流动而起到了优化要素配置效率的作用，而后者正是决定长期稳态经济增长率的关键因素。

最后，贸易自由化对环境质量和社会福利的影响是模棱两可的，这依赖于可贸易产品的供给价格弹性、贸易开放的增长效应以及污染的要素密集度，尤其是贸易自由化能否改善环境质量很大程度上依赖于贸易开放对长期经济增长的影响。综合贸易—环境关系的经验文献结果来看(Copeland 和 Taylor, 2004)，国际贸易对国内环境质量的影响并非“污染天堂假设”所表明的，会必然导致发展中国家的环境质量恶化、污染排放增加。本文模型则为此提供了理论解释：国际贸易对环境质量的影响，往往取决于一国参与国际贸易的分工模式以及国际贸易对国内要素部门配置的影响。模型的这一推导结果也提醒我们，在制定贸易政策时要充分考虑到贸易开放对增长、环境、以及社会福利影响的不确定性因素，特别是贸易自由化政策对发展中国家而言，往往意味着在经济增长与环境质量下降两者之间的权衡取舍。

#### 参考文献：

- [1]包群,许和连,赖明勇. 贸易开放度与经济增长:理论及中国的经验研究[J]. 世界经济,2003,(2):10~19.
- [2]兰天. 贸易与跨界环境污染[M]. 北京:经济管理出版社,2004.
- [3]彭水军,包群. 环境约束下的长期经济增长的内在机制研究. 财经研究,2006,(6):110~119.
- [4]张连众,朱坦,李慕菡,等. 贸易自由化对我国环境污染的影响分析[J]. 南开经济研究,2003,(3):3~7.
- [5]Aghion P, Howitt P. A model of growth through creative destruction[J]. Econometrica, 1992,60:323~351.
- [6]Barro R J, Sala-i-Martin X. Economic growth[M]. McGraw-Hill, Inc., New York, 1995.
- [7]Copeland B, Taylor M. Trade, growth and the environment[J]. Journal of Economic Literature XLI 2004,(1),7~71.
- [8]Dasgupta P S, Heal G M. Economic theory and exhaustible resources[J]. UK, Oxford University Press, Oxford, 1979.

- [9]Donella H Meadows, Dennis L Meadows, Jorgen Randers, et al. Limits to growth[M]. Potomac Associates, New York, 1972.
- [10]Garg P C, Sweeney J L. Optimal growth with depletable resources[J]. Resources and Energy, 1978, 43~56.
- [11]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.
- [12]Grossman G, Helpman E. Innovation and growth in the global economy[M]. Cambridge: MIT Press, 1991.
- [13]Grossman G, Krueger A. Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement[R]. NBER Working Paper 3914.
- [14]Grossman G, Krueger A. Economic growth and the environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353~377.
- [15]Hotelling H. The Economics of exhaustible resources[J]. Journal of Political Economy, 1931, 39: 137~185.
- [16]Lopez R. The environment as a factor of production: The effects of economic growth and trade liberalization[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1994, 27: 163~184.
- [17]Elbasha E, Roe T. Endogenous growth and the environment[R]. Mimeo, University of Minnesota, Minnesota, 1996.
- [18]Robson A J. Costly innovation and natural resources[J]. International Economic Review, 1980, 21: 17~30.
- [19]Romer P M. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98: 71~102.
- [20]Rivera-Batiz, Luis A, Romer P M. Economic integration and endogenous growth [J]. Quarterly Journal of Economics, 1991, 106: 531~555.
- [21]Scholz, Christian M, Georg Ziemer. Exhaustible resources, monopolistic competition, and endogenous growth[M]. Mimeo, University of Kiel, 1996.
- [22]Schou P. Naturresurser og endogen vækst[M]. Unpublished manuscript, University of Copenhagen, 1995.
- [23]Schou P. A growth model with technological progress and non-renewable resources [M]. Mimeo, University of Copenhagen, 1996.
- [24]Selden T, Song D. Environmental quality and development: Is there a kuznets curve for air pollution emissions[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1994, 27: 147~162.
- [25]Solow R M. Intergenerational equity and exhaustible resources[J]. Review of Economic Studies, 1974, 41: 29~45.
- [26]Stern D. Progress on the environmental Kuznets curve[J]. Environment and Development Economics, 1998, 3: 175~198.

(下转第 129 页)

tion cost, it's necessary to make an empirical analysis on the dynamic mechanism and conduction path of transaction cost of economy system of China in the period of economic system transformation. By the methods of pulse response function and variance decomposition based on vector autoregression (VAR) model, we can calculate the sensitive intensity of the transaction cost to the economic growth changes and the degree of system transition, and compare the contribution rates of these two factors to the transaction cost.

**Key words:** transaction cost; VAR model; dynamic mechanism; conduction path

(责任编辑 周一叶)

\*\*\*\*\*  
(上接第 120 页)

[27] Stiglitz J. Growth with exhaustible natural resources: Efficient and optimal growth paths[J]. Review of Economic Studies, 1974, 41: 123~137.

[28] Stokey N. Are there limits to growth[J]. International Economic Review, 1998, 39: 1~31.

[29] Takayama A. Optimal technical progress with exhaustible resources[A]. Kemp, Long, eds. Exhaustible Resources[C]. Optimality, and Trade. Amsterdam: North-Holland, 1980.

## Trade ,Environmental Pollution and Economic Growth: An Endogenous Growth Model in Open Economy

DU Xi-rao, LIU Ling

(Hunan University of Science and Technology, Yueyang 414006, China)

**Abstract:** By establishing an endogenous growth model in open economy, this paper investigates the interrelationship between international trade, environmental quality and economic growth. The competitive market solution shows how steady stage growth rate depends on the environmental pollution, and our comparative static analysis reveals the impact of trade on environmental quality, economic growth and welfare, as well as the constraint of pollution on economic growth. Finally policy implication is also provided for our model.

**Key words:** trade; economic growth; environmental quality; endogenous technical change

(责任编辑 周一叶)