

绿色技术国别分布的路径变迁^{*}

——一个交易成本集合的超边际分析

高丽敏

(上海立信会计学院 经贸学院, 上海 201620)

摘 要:文章运用新兴古典经济学的分工理论与超边际分析框架,将环境所有权界定和执行的模糊程度引入模型,结合技术市场与人才市场交易效率及绿色技术研发基础等外生因素,分析内生绿色技术进步的组织结构与国别分布的变迁路径。模型推导与数值模拟结果揭示了外生比较优势在绿色技术研发国别分工中的作用、制度性效率因素对绿色技术国别分布的作用机制、一国实现绿色技术自主研发的充要条件以及绿色技术研发专业化深化的特征等。

关键词:绿色技术;国别分布;路径变迁;制度性交易效率;超边际分析

中图分类号:F113.3;F74 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2015)03-0027-13

一、问题的提出

环境保护的制度性约束在绿色技术进步过程中起着触发作用,制度如何规定环境损害双方的权利和义务以及制度执行的标准和力度将通过影响排污成本进而催生出绿色技术研发专业化分工以满足市场的环保需求。不仅如此,潜在的绿色技术交易过程中存在的交易成本决定着交易是否实际发生以及交易发生的模式和规模等,从而决定着开放经济中一国经济发展的绿色化变迁路径与变迁速度。

市场对绿色技术的需求体现了减排成本对排污成本的替代,替代程度主要由环境损害行为被界定的明确程度决定,界定的依据则在于环境产权的初始结构。与此同时,绿色技术的出现伴随着各种信息成本、专利保护成本和技术交易的讨价还价成本等。这些交易成本决定着内生绿色技术的分工结构,而每一个均衡的分工结构,都是对以下两难冲突的有效折中:应用绿色技术产生的减排成本与排污成本界定模糊所内生的交易成本之间的两难冲突;潜在的绿色技术研发者的预期收益与技术交易成本之间的两难冲突;绿色技术需求方直接购买绿色技术设备与聘用绿色技术专业研发人员进行企业内部研发两类交易成本之间的两难冲突;绿色技术出口设限与绿色技术研发人员跨国流动管制之间的两难冲突;排污主体进口绿色技术与国内获取绿色技术之间的两难冲突,等等。在全球分工网络中,绿色技术究竟以何种方式产生?上述因素如何影响绿色技术产生的国别分布?出于对一国产业安全及经济增长动力的考虑,人们往往更希望绿色技术能够实现自主研发,那么进入自主研发路径的条件是什么?将上述各类交易成本纳入超边际分析框架能够很好地回答这一系列问题。

本文构建的交易成本集合包含一个核心概念——环境所有权界定和执行的模糊程度:各种环保制度在对自然环境禀赋所有权的界定以及对环境侵权行为的执行过程中,产权界

收稿日期:2014-11-12

作者简介:高丽敏,(1982—),女,山东东营人,上海立信会计学院经贸学院讲师。

定和制度执行存在不同程度的信息成本、道德风险和环境禀赋专用性划分的技术性成本,居民行使环境所有权则存在一定的模糊性。因此,环境所有权界定和执行的模糊程度是环境所有权界定和执行成本与产生于该权利被界定和执行的收益两者之间的折中。^①不同的环境产权归属会存在不同程度的界定成本,从而产生相应的环境所有权初始结构;环境产权结构的运行过程还存在产权的各类执行成本,因而环境所有权结构的经济效率是不确定的,均衡结构也不是单一的。环境所有权结构的经济效率是一个复杂的论题。本文外生假定环境所有权界定和执行的模糊程度,忽略其对具体环境所有权结构的讨论。

本文着重分析绿色技术跨国贸易、绿色技术研发的跨国转移、国内绿色技术专业部门出现和国内绿色技术行业出现四种内生绿色技术的分工结构。其中,两种跨国分工结构之间的转换主要缘于技术出口限制与研发人才的跨国流动成本;国内出现绿色技术的两种结构之间的转换主要缘于因绿色技术定价成本而产生的企业与市场之间的替代;国际与国内绿色技术出现的分工结构之间的转换主要缘于国内外环保制度的效率和自主研发对外部依赖的替代。在技术进口的情形下,人才流动的主动性强于技术设备贸易的主动性,一国可以轻易限制绿色技术出口,却很难限制绿色技术专业研发者的行为;研发人员的跨国流动降低了出口限制造成的制度成本。技术水平越高,研发所需的配套设备和研发团队等系统性因素越多,非制度性费用也就越高。因而,绿色技术研发跨国流动与绿色技术贸易相比,无确定的优劣势。

本文的逻辑关系表现为:如果环境所有权界定和执行的模糊程度越高,当地消费品制造者的排污成本越低,那么他们采用绿色技术的激励也就越弱;仅当环境所有权模糊程度下降至某一水平且排污成本超过减排成本时,减排者将产生绿色技术需求,绿色技术设备引进与研发人才引进之间的两难选择凸显;随着环境所有权模糊程度的下降,绿色技术的各种专业化分工结构的协调范围将被压缩,各种交易成本组合决定着最终的路径选择与国别分布;如果环境所有权模糊程度与各种交易成本下降至临界点,那么将内生出绿色技术自主研发的专业化分工,绿色技术将在国内产生。

二、研究现状与文献综述

(一)国内外有关绿色技术进步的研究。Montgomery 和 Smith(2005)比较了政府减排措施与绿色技术研发激励对降低环境成本的效果。Fischer(2008)证明了绿色技术进步增加公共回报的前提是排污权清晰定价。相比较而言,本文具体考察环境产权的模糊程度及其他交易成本在各个变化区间促进绿色技术进步的方式。Parry 等(2003)研究环境政策激励的技术进步对福祉改进的作用。乔晓楠等(2012)指出,发达国家严格的环境规制使发展中国家陷入技术获取与低端锁定的两难困境。鉴于此,本文从制度效率的角度提出后发国家摆脱该困境的路径。李小平等(2012)研究表明国内环境规制使产业的贸易比较优势集中到劳动密集型行业。谢申祥等(2014)分析了环境损害强度与政府对贸易品行业策略性研发政策选择之间的关系。陆建明等(2012)对生产过程优化和生产后减排两类减排方法的经济效率作了对比。

(二)有关交易成本的研究。Coase(1988)强调交易成本为正时,法律对资产的初始产权

^①折中的提法大多出现于新兴古典经济学的中译版文献中,可理解为均衡。某一外生变量是一对两难冲突的折中,意为这一对两难冲突的此消彼长达到一个均衡状态,该均衡是在这一外生变量既定水平上取得的。

界定显著影响经济效率;其中的“交易成本”是指制度运行成本。Barzel(1989)定义“交易成本”为资产的有用性及潜在有用性信息成本。产权界定的信息成本引发资产各属性之间的竞争,使某一属性的部分价值进入“公共领域”而发生租值消散。Cheung(1970)指出,界定产权的外生交易费用与产权界定不清所导致的内生交易费用之间存在两难冲突,二者折中得到产权界定和行使的模糊程度决定的外部性程度。本文构建的交易成本集合在一定程度上继承了上述观点。Yang(1990)运用超边际分析方法证明了一种产品交易费用过高导致其生产分工无法维持而不能形成交易市场。Hart(1995)发展了交易行为引发最优产权结构变迁的观点,基于不完全契约理论,研究企业并购引发的剩余控制权变迁与产出效率的关系。这对本文绿色技术内生变迁路径的外生比较优势分析有所启发。在环境产权研究方面,洛克(2004)曾指出,天赋公民环境权,且具有社会性和公共性;由于所处英国工业化初期,环境的稀缺程度尚未引发环境产权界定的深入探讨。Lange(2011)讨论了排污权市场的内生性。Disegnieshel(2005)分析了排污权交易在给定的生产与减排权衡范围内的初始份额效应。已有的关于排污权市场的讨论,外生给定初始环境产权为企业所有,不涉及居民的权利制衡,即隐含假定工业排污集聚的区际分布不均衡性成本为零。本文引入居民环境所有权界定和执行的模糊程度,则可避免该假设可能导致的偏误。

三、基本模型

(一)基本模型与变量含义。假设两个国家A国和B国分别有人口数 M_A 和 M_B ,两国所有居民既是消费者又是生产者,消费者(生产者)事前是同质的,只有一种最终消费品 y 。消费品生产过程排放的污染物若达到一定规模会对产地环境造成损害,各国居民通过降低对环境所有权界定和行使的模糊程度来约束消费品专业制造者的排污行为。消费品制造者(排污者)运用绿色技术处理生产过程排放的污染物可减轻排污行为的环境损害程度,并选择绿色技术投入规模以实现环境损害成本被明确界定和执行情况下的最优生产。

假设消费品 y 的生产函数为:

$$y_i + y_i^s = (r_i + R_i r_i^d)^{\alpha} (\rho_i z_i)^{\beta} l_{iy}^{\gamma}; i = A, B \quad (1)$$

其中, y_i 和 y_i^s 分别为 i 国消费者—生产者对消费品 y 的自给量和出售量, r_i 和 r_i^d 分别为 i 国消费者(生产者)对绿色技术的自给量和需求量。 R_i 表示 i 国绿色技术设备的交易效率,如果绿色技术从国内购买,则交易效率主要由国内对技术发明的专利保护状况决定;如果绿色技术通过进口获得,则交易效率由绿色技术来源国对其出口限制程度和国内专利保护状况二者共同决定。 ρ_i 为消费品生产环节所在国居民的环境所有权界定和行使的模糊程度; z_i 为该环境禀赋,包含初始环境质量和环境自净能力;为简化分析,假设消费品制造者在当地居民环境所有权界定和行使的模糊程度内从事生产, $\rho_i z_i$ 即为该国国内消费品专业制造者的环境禀赋投入。 l_{iy} 为 i 国消费品制造者的专业化水平,即消费品制造者投入的劳动时间,在完全专业化决策中, l_{iy} 达到最大;为简化计算,设每个人的劳动禀赋为1。另外, α 和 β 分别为最终消费品产出对绿色技术和环境禀赋的投入弹性, γ 为消费品制造的专业化经济程度;且 $\alpha, \beta, \gamma \in (0, 1)$ 。绿色技术研发函数为:

$$r_i + r_i^s = (S_i a_i l_{ir})^{\delta} \delta > 0; a_i > 1 \quad (2)$$

其中, r_i 和 r_i^s 分别为绿色技术的自给量和出售量。 S_i 为 i 国人才市场的交易效率,如果绿色技术专业研发人员是从国内聘用,则该交易效率代表国内的人才流动的难易程度;如果绿色技术专业研发人员是从国外聘用,则该交易效率由研发人才引进国国内人才流动的难易程

度、企业的绿色技术研发配套环境和研发团队的匹配协同程度、国外对人才出境的管制强弱、国内对外籍人员的限制程度以及两国在文化观念与生活习惯方面的相似程度共同决定。 a_i 为 i 国绿色技术研发效率, 该因素主要由该国的国内知识基础和初始研发环境等因素决定。 l_{ir} 为绿色技术研发者的专业化水平。 δ 为绿色技术研发的专业化经济程度, 可表征绿色技术的类别(研发报酬递减、不变或递增), 其程度不同意味着绿色技术的类别不同。劳动禀赋约束为:

$$l_{iy} + l_{ir} = 1 \quad (3)$$

消费者(生产者)在完全专业化条件下, 分配于各专业的劳动时间为角点解 0 或 1, 劳动时间介于 0 和 1 之间的不完全专业化情形为自给自足。每个消费者(生产者)的预算约束为:

$$p_y y_i^s + p_r r_i^s = p_y y_i^d + p_r r_i^d \quad (4)$$

其中, p_y 和 p_r 分别为最终产品 y 与绿色技术 r 的交易价格, y^d 表示代表性居民对消费品的需求量。每个消费者(生产者)的效用函数为:

$$u_j^i = y_i + K y_i^d \quad (5)$$

其中, K 为产品市场交易效率, 本文只考虑成熟的产品市场交易, 因而假设两国的 K 值相同。 i 表示 A 国或 B 国居民; j 表示专业化决策, $j = A, j = y, j = r, j = Fy$ 和 $j = l_r$ 依次为自给自足决策、专业的消费品制造决策、专业的绿色技术研发和出售决策、专业的消费品制造企业决策和企业专业绿色技术研发雇员决策。

(二)专业化决策分析。根据最优模式定理, 内点解不可能为全局均衡, 全局均衡只能为角点解的集合。因此, 每一种专业化决策的选择都意味着该消费者(生产者)其他生产行为发生的变量值为零。在经 Kuhn-Tucker 定理与最优模式定理筛选出的专业化模式中, 进一步选取以下模式进行超边际分析, 而未被选取的模式若加入计算, 也不影响结论。

1. 自给自足决策(ry): 每个人既生产绿色技术又利用自己开发的绿色技术制造最终消费品供自己使用, 因而 $y_i^s = r_i^s = r_i^d = y_i^d = 0$ 。决策问题可以转化为如下最大化问题:

$$\begin{aligned} \text{Max } u_A^i &= y_i \\ \text{s.t. } r_i &= (a_i l_{ir})^\delta & \delta > 0 \\ y_i &= r_i^a (\rho_i z_i)^\beta l_{iy}^\gamma & i = A, B \\ l_{iy} + l_{ir} &= 1 \\ l_{iy} &= \frac{\gamma}{\alpha\delta + \gamma}, l_{ir} = \frac{\alpha\delta}{\alpha\delta + \gamma}, r_i = \left(a_i \frac{\alpha\delta}{\alpha\delta + \gamma}\right)^\delta, y_i = a_i^{\alpha\delta} (\rho_i z_i)^\beta \left(\frac{\gamma}{\alpha\delta + \gamma}\right)^\gamma \left(\frac{\alpha\delta}{\alpha\delta + \gamma}\right)^{\alpha\delta}, \\ u_A^i &= a_i^{\alpha\delta} \left(\frac{\gamma}{\alpha\delta + \gamma}\right)^\gamma \left(\frac{\alpha\delta}{\alpha\delta + \gamma}\right)^{\alpha\delta} (\rho_i z_i)^\beta \end{aligned}$$

2. 专业的消费品制造决策($y|r$): 个人购买绿色技术并制造和出售消费品, 因而 $y_i^d = r_i^d = r_i^s = l_{ir} = 0$ 。决策问题可以转化为:

$$\begin{aligned} \text{Max } u_y^i &= y_i \\ \text{s.t. } y_i + y_i^s &= (R_i r_i^d)^a (\rho_i z_i)^\beta l_{iy}^\gamma \\ l_{iy} &= 1 \\ p_y y_i^s &= p_r r_i^d \\ r_i^d &= \alpha^{1/(1-\alpha)} R_i^{\alpha/(1-\alpha)} (\rho_i z_i)^{\beta/(1-\alpha)} [1/(p_r/p_y)^{1/(1-\alpha)}], \\ y_i^s &= \alpha^{1/(1-\alpha)} R_i^{\alpha/(1-\alpha)} (\rho_i z_i)^{\beta/(1-\alpha)} [1/(p_r/p_y)^{\alpha/(1-\alpha)}], \\ u_y^i &= (1-\alpha)\alpha^{\alpha/(1-\alpha)} R_i^{\alpha/(1-\alpha)} (\rho_i z_i)^{\beta/(1-\alpha)} [1/(p_r/p_y)^{\alpha/(1-\alpha)}] \end{aligned}$$

3. 专业的绿色技术研发和出售决策($r|y$):个人研发绿色技术并出售其技术,购买消费品,因而 $y_i=y_i^s=r_i=r_i^d=l_{iy}=0$ 。决策问题可以转化为:

$$\begin{aligned} \text{Max } u_r^i &= K y_i^d \\ \text{s.t. } r_i^s &= (a_i l_{ir})^\delta \\ l_{ir} &= 1 \\ p_r r_i^s &= p_y y_i^d \\ r_i^s &= a_i^\delta, y_i^d = (p_r/p_y) a_i^\delta, u_r^i = K (p_r/p_y) a_i^\delta \end{aligned}$$

4. 专业的消费品制造企业决策($y|l_r$):企业以工资 w 雇用 $N_r(N_r>0)$ ^①名绿色技术研发人员的劳动 l_r 对原生产过程进行污染处理并制造和出售消费品,因而 $y_i^d=r_i^d=0$ 。决策问题可以转化为:

$$\begin{aligned} \text{Max } u_{Fy}^i &= y_i \\ \text{s.t. } y_i + y_i^s &= r_i^a (\rho_i z_i)^\beta l_{iy}^\gamma \\ l_{iy} &= 1, l_{jr} = 1 \\ r_i^s &= (S_i a_j l_{jr})^\delta \quad j=i \text{ 或 } j \neq i, r_i = N_r r_i^s \\ p_y y_i^s &= w N_r l_{jr} = w N_r \\ r_i^s &= (S_i a_j)^\delta, N_r = \alpha^{1/(1-\alpha)} (S_i a_j)^{\alpha\delta/(1-\alpha)} (\rho_i z_i)^{\beta/(1-\alpha)} [1/(w/p_y)^{1/(1-\alpha)}], \\ y_i^s &= \alpha^{1/(1-\alpha)} (S_i a_j)^{\alpha\delta/(1-\alpha)} (\rho_i z_i)^{\beta/(1-\alpha)} [1/(w/p_y)^{\alpha/(1-\alpha)}], \\ u_{Fy}^i &= \alpha^{a/(1-\alpha)} (1-\alpha) (S_i a_j)^{\alpha\delta/(1-\alpha)} (\rho_i z_i)^{\beta/(1-\alpha)} [1/(w/p_y)^{\alpha/(1-\alpha)}] \end{aligned}$$

5. 受聘于消费品制造企业的专业绿色技术研发决策($l_r|y$):受雇从事绿色技术研发,出售专业研发劳动并购买消费品,因而 $y_i=y_i^s=r_i=r_i^d=l_{iy}=0$ 。^② 决策问题可以转化为:

$$\begin{aligned} \text{Max } u_{lr}^i &= K y_i^d \\ \text{s.t. } w l_{ir} &= p_y y_i^d \\ l_{ir} &= 1 \\ y_i^d &= (w/p_y), u_{lr}^i = K (w/p_y) \end{aligned}$$

四、全局均衡与比较静态分析

上述超边际决策分析的结果可以组合出 10 种可能的分工结构,其中有四种代表性结构,而其他结构则由这四种结构经过对称性和排列组合产生。见图 1。

(一)分工结构的全局均衡分析。图 1 对应的四种分工结构的全局均衡解如下。

1. 结构 MI:绿色技术跨国贸易结构。A 国专业制造消费品,生产过程产生的污染物由进口自 B 国的绿色技术来处理,并将生产的消费品出口至 B 国。B 国则专注于绿色技术研发,所需消费品从 A 国进口。由绿色技术市场出清条件 $M_B r^s = M_A r^d$ 可推出:

$$\begin{aligned} \frac{p_r}{p_y} &= \alpha \frac{R_A^a (\rho_A z_A)^\beta}{a_B^{\delta/(1-\alpha)}} (M_A/M_B)^{1-\alpha}, u_y^A = (1-\alpha) a_B^{\alpha\delta} R_A^a (\rho_A z_A)^\beta [1/(M_A/M_B)^\alpha], \\ u_r^B &= \alpha a_B^{\alpha\delta} K R_A^a (\rho_A z_A)^\beta (M_A/M_B)^{1-\alpha} \end{aligned}$$

①制造企业雇用绿色技术研发者的数目可以大于或小于 1,后者意味着一名技术人员可为多家企业提供减排服务。

②绿色技术不可直接自用,因而绿色技术研发者受雇并与最终产品生产者组成企业可能成为最优。该结论由重建的最优模式定理推出,即中间产品的出现推动企业产生。

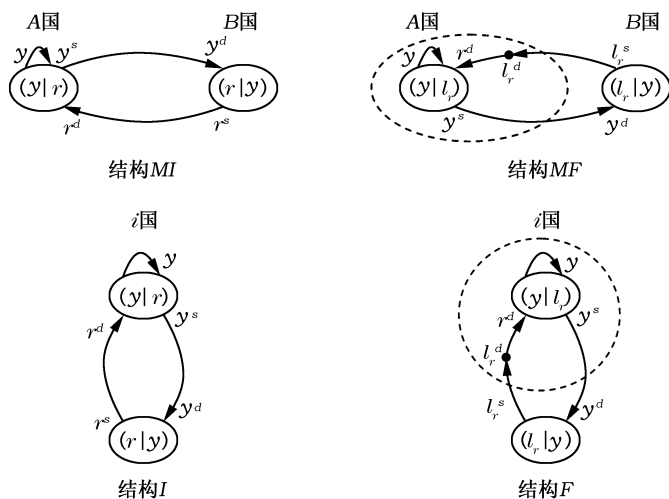


图 1 代表性结构的分工演进示意

2. 结构 MF: 绿色技术研发的跨国转移结构。该结构中, A 国从 B 国雇用绿色技术专业人员为其开发绿色技术用以处理生产过程中产生的污染, 并将生产的消费品在国际市场出售。由消费品制造企业的雇用关系式 $N_r = M_{l_r} / M_{Fy}$ 可推出:

$$\frac{w}{p_y} = \alpha (S_A a_B)^{\alpha\delta} (\rho_A z_A)^\beta (M_A / M_B)^{1-\alpha}, u_{Fy}^A = (1-\alpha) (S_A a_B)^{\alpha\delta} (\rho_A z_A)^\beta [1 / (M_A / M_B)^\alpha],$$

$$u_{l_r}^B = \alpha K (S_A a_B)^{\alpha\delta} (\rho_A z_A)^\beta (M_A / M_B)^{1-\alpha}$$

3. 结构 F: 国内绿色技术企业内研发结构。国内消费品企业雇用本国的绿色技术研发人员处理生产过程产生的污染, 并制造消费品, 将产出的部分消费品出售给绿色技术研发者。该结构不涉及国际分工与交易, 国内市场达到出清。故该均衡结构满足效用均等化条件 $u_{Fy}^i = u_{l_r}^i$ 和消费品市场出清条件 $M_{Fy} y^s = M_{l_r} y^d$ 。设 i 国人口规模为 M_i , 由人口规模的定义式 $M_i = M_{l_r} + M_{Fy}$ 可推导出:

$$\frac{w}{p_y} = \alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} (S_i a_j)^{\alpha\delta} (\rho_i z_i)^\beta \frac{1}{K^{1-\alpha}}, \frac{M_{l_r}}{M_{Fy}} = \frac{\alpha K}{(1-\alpha)} = N_r, M_{Fy} = \frac{(1-\alpha)}{\alpha K + (1-\alpha)} M_i,$$

$$M_{l_r} = \{\alpha K / [\alpha K + (1-\alpha)]\} M_i, u_{l_r}^i = \alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} K^\alpha (S_i a_j)^{\alpha\delta} (\rho_i z_i)^\beta$$

4. 结构 I: 国内绿色技术行业分工与市场交易结构。国内绿色技术的专业开发商与消费品的专业生产商在技术市场和产品市场交易。该结构中不涉及人才市场, 也不存在国际贸易。该结构均衡时满足效用均等化条件 $u_y^i = u_r^i$ 和消费品市场及绿色技术市场出清条件 $M_r r^s = M_y r^d$, 三者中任何两个条件与人口方程 $M_i = M_r + M_y$ 联立, 即可推导出均衡点:

$$\frac{p_r}{p_y} = \alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} \frac{R_i^\alpha (\rho_i z_i)^\beta}{a_i^{\delta(1-\alpha)} K^{1-\alpha}}, \frac{M_r}{M_y} = \frac{\alpha K}{(1-\alpha)}, M_y = \frac{(1-\alpha)}{\alpha K + (1-\alpha)} M_i,$$

$$M_r = \{\alpha K / [\alpha K + (1-\alpha)]\} M_i, u_r^i = \alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} a_i^{\alpha\delta} K^\alpha R_i^\alpha (\rho_i z_i)^\beta$$

对比两种国内均衡结构, 掌握绿色技术与掌握消费品生产技术的相对人数规模相等。

(二) 全局均衡的超边际比较静态分析。图 1 中 4 种交易结构涉及的交易品种并不完全相同。其中, 结构 F 与结构 MF 有企业的组织形式存在, 因而引入人才市场, 出现绿色技术专业研发者的工资价格; 结构 I 与结构 MI 则全部为产品市场, 由结构 F 和 MF 到结构 I 和 MI 资源配置方式的转换导致绿色技术设备的交易价格取代相应的工资价格。

全局均衡的比较静态分析主要讨论各个分工结构存在的外部条件,即确定各均衡结构所要求的参数子空间。为此,每个消费者(生产者)将在特定交易结构中所选择的专业化决策与其他所有潜在决策在当前结构的价格水平上进行比较。当且仅当所选决策的人均真实收入水平在当前结构的价格水平上不低于其他所有潜在的专业化决策,而且当前交易结构中其他决策者所选专业化模式恰好能满足所有消费者(生产者)的需求种类和数量时,当前结构才能成为一种均衡的交易结构。由于各个分工结构涉及的交易结构类型不同,基于结构内部专业化决策者人均真实收入水平的比较存在虚拟价格问题。为此参考使用“影子价格(*shadow prices*)”法(Sun, 2003)处理此处虚拟价格问题。

以上对图 1 中 4 种分工结构的全部全局均衡超边际比较静态分析结果如表 1 所示。

表 1 超边际比较静态分析结果

均衡结构	参数子空间	相对价格
结构 MI	$K \left(\frac{S_A}{S_B} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha} \delta} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha}} > M_0$ $K > M_0$ $K \frac{S_A}{R_A} \left(\frac{a_{A,B}}{a_B} \right)^{\delta} < M_0$	$\frac{w}{p_y} \in \left(\frac{w}{p_y} \Big _{MIL1}, \frac{w}{p_y} \Big _{MIH1} \right)$
	$K \left(\frac{a_A}{a_B} \right)^{\delta} < M_0$ $K \left(\frac{R_A}{R_B} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha}} > M_0$ $R_A \frac{1}{\left(\frac{a_A}{a_B} \right)^{\delta}} >$	$\frac{w}{p_y} \in \left(\frac{w}{p_y} \Big _{MIL2}, \frac{w}{p_y} \Big _{MIH1} \right)$
	$\frac{1}{(1-\alpha)^{\frac{1}{\alpha}}} \left(\frac{\gamma}{a\delta+\gamma} \right)^{\frac{\gamma}{\alpha}} \left(\frac{a\delta}{a\delta+\gamma} \right)^{\delta} \frac{M_A}{M_B}$ $K R_A^{\alpha} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\beta} >$ $\frac{1}{\alpha} \left(\frac{\gamma}{a\delta+\gamma} \right)^{\gamma} \left(\frac{a\delta}{a\delta+\gamma} \right)^{a\delta} \frac{1}{\left(\frac{M_A}{M_B} \right)^{1-\alpha}}$	$\frac{w}{p_y} \in \left(\frac{w}{p_y} \Big _{MIL1}, \frac{w}{p_y} \Big _{MIH2} \right)$
	$K \left(\frac{S_A}{S_B} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha} \delta} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha}} > M_0$ $K < M_0$ $\frac{R_A}{S_A^{\frac{1}{\alpha}}} > \left(\frac{a_{A,B}}{a_B} \right)^{\delta}$	$\frac{w}{p_y} \in \left(\frac{w}{p_y} \Big _{MIL2}, \frac{w}{p_y} \Big _{MIH2} \right)$
结构 MF	$K \left(\frac{S_A}{S_B} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha} \delta} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha}} < M_0$ $K < M_0$ $(M_0)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} < K^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \frac{R_A}{S_B^{\frac{1}{\alpha}}} \left(\frac{a_{A,B}}{a_B} \right)^{\delta} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{\alpha}}$	$\frac{w}{p_y} \in \left(\frac{w}{p_y} \Big _{MIL2}, \frac{w}{p_y} \Big _{MIH2} \right)$
	$K^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \frac{R_A}{R_B} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{\alpha}} > MAB$ $K \left(\frac{a_A}{a_B} \right)^{\delta} > M_0$ $K \frac{R_A}{S_A^{\frac{1}{\alpha}}} \left(\frac{a_{A,B}}{a_B} \right)^{\delta} < M_0$	$\frac{p_r}{p_y} \in \left(\frac{p_r}{p_y} \Big _{MFL1}, \frac{p_r}{p_y} \Big _{MFH1} \right)$
	$K < M_0$ $K \left(\frac{S_A a_B}{S_B a_{A,B}} \right)^{\frac{\alpha\delta}{1-\alpha}} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha}} > M_0$ $\frac{1}{a_A} S_A > \frac{1}{(1-\alpha)^{\frac{1}{\alpha}}} \left(\frac{\gamma}{a\delta+\gamma} \right)^{\frac{\gamma}{\alpha\delta}} \frac{a\delta}{a\delta+\gamma}$ $\frac{a_A}{a_B} \left(\frac{M_A}{M_B} \right)^{\frac{1}{\delta}}$	$\frac{p_r}{p_y} \in \left(\frac{p_r}{p_y} \Big _{MFL2}, \frac{p_r}{p_y} \Big _{MFH1} \right)$
	$K^{\frac{1-2\alpha}{\alpha}} \frac{S_A}{R_B} \left(\frac{a_{A,B}}{a_A} \right)^{\delta} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{\alpha}} > (M_0)^{\frac{1-2\alpha}{\alpha}}$ $K^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \frac{R_A}{R_B} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{\alpha}} > MAB$ $K \left(\frac{a_A}{a_B} \right)^{\delta} < M_0$ $R_A < S_A^{\frac{1}{\alpha}}$	$\frac{p_r}{p_y} \in \left(\frac{p_r}{p_y} \Big _{MFL1}, \frac{p_r}{p_y} \Big _{MFH2} \right)$
	$K^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \frac{R_A}{R_B} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{\alpha}} < MAB$ $K \left(\frac{a_A}{a_B} \right)^{\delta} < M_0$ $K^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \frac{S_A}{R_B} \left(\frac{\rho_A z_A}{\rho_B z_B} \right)^{\frac{\beta}{\alpha}} > (M_0)^{\frac{1-2\alpha}{\alpha}}$	$\frac{p_r}{p_y} \in \left(\frac{p_r}{p_y} \Big _{MFL2}, \frac{p_r}{p_y} \Big _{MFH2} \right)$

续表 1 超边际比较静态分析结果

均衡结构	参数子空间	相对价格
结构 F	$\left(\frac{a_i}{a_j}\right)^{\delta} < \frac{S_i^{\delta}}{R_i}$ $K S_i^{\delta} > \frac{1}{\alpha (1-\alpha)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}} \left(\frac{\gamma}{a\delta+\gamma}\right)^{\frac{\gamma}{\alpha}} \left(\frac{a\delta}{a\delta+\gamma}\right)^{\delta}$	$\frac{w}{p_y} = \frac{w}{p_y} \Big _F$
结构 I	$\left(\frac{a_i}{a_j}\right)^{\delta} > \frac{S_i^{\delta}}{R_i}$ $K R_i > \frac{1}{\alpha (1-\alpha)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}} \left(\frac{\gamma}{a\delta+\gamma}\right)^{\frac{\gamma}{\alpha}} \left(\frac{a\delta}{a\delta+\gamma}\right)^{\delta}$	$\frac{p_r}{p_y} = \frac{p_r}{p_y} \Big _I$

说明： $M_0 = \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) / \left(\frac{MA}{MB}\right)$, $MAB = \left[\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) / \left(\frac{M_A^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{M_B^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}\right)\right]^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}$

$$\frac{p_r}{p_y} \Big|_{MI} = \alpha \frac{R_A^a (\rho_A z_A)^{\beta}}{a_B^{\frac{\delta}{\alpha}} \epsilon^{1-a}} \left(\frac{M_A}{M_B}\right)^{1-a}, \frac{w}{p_y} \Big|_{MIL1} = \alpha \left(\frac{M_A}{M_B}\right)^{1-a} \frac{S_A^{\delta}}{R_A^{1-a}} \frac{a_{A,B}^{\delta}}{a_B^{\frac{\delta}{\alpha}} \epsilon^{1-a}} (\rho_A z_A)^{\beta},$$

$$\frac{w}{p_y} \Big|_{MIH1} = \frac{1-\alpha}{\left(\frac{M_A}{M_B}\right)^a} \frac{R_A^a}{K} a_B^{a\delta} (\rho_A z_A)^{\beta},$$

$$\frac{w}{p_y} \Big|_{MIL2} = \frac{\alpha^{\frac{2a-1}{a}} (1-\alpha)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{\left(\frac{M_A}{M_B}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha} \epsilon^{1-a}}} \frac{(S_B a_{A,B})^{\delta}}{K^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} R_A^{1-a} a_B^{\epsilon^{1-a} \delta}} \frac{(\rho_B z_B)^{\frac{\beta}{a}}}{(\rho_A z_A)^{\epsilon^{1-a} \delta} \frac{\beta}{\alpha}},$$

$$\frac{w}{p_y} \Big|_{MIH2} = \alpha \left(\frac{M_A}{M_B}\right)^{1-a} a_B^{a\delta} R_A^a (\rho_A z_A)^{\beta};$$

$$\frac{w}{p_y} \Big|_{MF} = \alpha (S_A a_B)^{a\delta} (\rho_A z_A)^{\beta} \left(\frac{M_A}{M_B}\right)^{1-a}, \frac{p_r}{p_y} \Big|_{MFL1} = \alpha \left(\frac{M_A}{M_B}\right)^{1-a} \frac{R_A}{(S_A a_B)^{\epsilon^{1-a} \delta}} (\rho_A z_A)^{\beta},$$

$$\frac{p_r}{p_y} \Big|_{MFH1} = \frac{1-\alpha}{\left(\frac{M_A}{M_B}\right)^a} \frac{a_B^{a\delta} S_A^{a\delta}}{a_A^{\frac{\delta}{\alpha}} K} (\rho_A z_A)^{\beta},$$

$$\frac{p_r}{p_y} \Big|_{MFL2} = \frac{\alpha}{\left(\frac{M_A}{M_B}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha} \epsilon^{1-a}}} \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \frac{R_B}{K^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} (S_A a_B)^{\epsilon^{1-a} \delta}} \frac{(\rho_B z_B)^{\frac{\beta}{a}}}{(\rho_A z_A)^{\frac{\beta}{a} \epsilon^{1-a}}},$$

$$\frac{p_r}{p_y} \Big|_{MFH2} = \alpha \frac{S_A^{a\delta}}{a_B^{\epsilon^{1-a} \delta}} (\rho_A z_A)^{\beta} \left(\frac{M_A}{M_B}\right)^{1-a};$$

$$\frac{w}{p_y} \Big|_F = \alpha^a (1-\alpha)^{1-a} (S_i a_j)^{a\delta} (\rho_i z_i)^{\beta} \frac{1}{K^{1-a}}, \frac{p_r}{p_y} \Big|_{FL} = \alpha^a (1-\alpha)^{1-a} \frac{R_i}{K^{1-a} (S_i a_j)^{\epsilon^{1-a} \delta}} (\rho_i z_i)^{\beta},$$

$$\frac{p_r}{p_y} \Big|_{FH} = \alpha^a (1-\alpha)^{1-a} \frac{(S_i a_j)^{a\delta}}{K^{1-a}} \frac{(\rho_i z_i)^{\beta}}{a_i^{\frac{\delta}{\alpha}}}; \frac{p_r}{p_y} \Big|_I = \alpha^a (1-\alpha)^{1-a} \frac{R_i^a (\rho_i z_i)^{\beta}}{a_i^{\frac{\delta}{\alpha} \epsilon^{1-a}} K^{1-a}},$$

$$\frac{w}{p_y} \Big|_{IL} = \alpha^a (1-\alpha)^{1-a} \frac{(S_i a_j)^{\delta}}{K^{1-a} R_i^{1-a} a_i^{\frac{\delta}{\alpha} \epsilon^{1-a}}} (\rho_i z_i)^{\beta}, \frac{w}{p_y} \Big|_{IH} = \alpha^a (1-\alpha)^{1-a} \frac{R_i^a}{K^{1-a}} a_i^{a\delta} (\rho_i z_i)^{\beta}.$$

(三)比较静态分析的部分数值模拟结果。表 1 所示各均衡结构的参数子空间包含了一系列形式比较复杂的不等式,其经济学含义不够直观;因而,本文设计了相应的数值模拟程序。程序设置了随机数生成函数和局部单调性测试函数,从而使生成的数组更具随机性和可靠性。为聚焦绿色技术后发国家由进口向自主研发转变的条件,此处将结构 F 和 I 的模拟程序设计为绿色技术在 A 国出现的单一情形。部分模拟结果如表 2 所示。

表 2 比较静态分析的部分数值模拟结果

序号	α	β	γ	δ	a_A/a_B	$\rho_A z_A/\rho_B z_B$	M_A/M_B	K	R_A	R_B	S_A	S_B	均衡结构
1	0.951	0.479	0.237	151.172	14.759	0.766	0.132	0.546	0.553	0.174	0.552	0.7	I
2	0.856	0.751	0.334	0.901	1.196	0.343	0.726	0.904	0.378	0.488	0.799	0.711	F
3	0.471	0.11	0.61	19.476	0.129	0.98	0.371	0.56	0.18	0.1	0.98	0.99	MF,F

续表2 比较静态分析的部分数值模拟结果

序号	α	β	γ	δ	a_A/a_B	$\rho_A z_A/\rho_B z_B$	M_A/M_B	K	R_A	R_B	S_A	S_B	均衡结构
4	0.471	0.11	0.61	19.476	0.898	0.98	0.371	0.56	0.18	0.1	0.98	0.99	F
5	0.47	0.11	0.61	19.476	0.129	0.98	0.371	0.56	0.18	0.1	0.98	0.99	F
6	0.456	0.85	0.7	1.627	0.916	0.802	0.628	0.58	0.87	0.14	0.5	0.54	MI
7	0.456	0.85	0.7	12.781	0.916	0.802	0.628	0.58	0.87	0.14	0.5	0.54	MI
8	0.47	0.11	0.61	19.476	0.129	0.98	0.371	0.56	0.18	0.1	0.981	0.99	MF
9	0.903	0.034	0.449	0.231	0.489	0.091	0.025	0.981	0.946	0.192	0.06	0.052	I
10	0.903	0.034	0.449	0.231	0.489	0.091	0.025	0.981	0.945	0.192	0.383	0.052	F

五、模型分析结果的经济学阐释

（一）外生比较优势在绿色技术研发国别分工中的作用。对结构 F 和 I ，绿色技术研发的专业化经济程度对全局均衡在结构 F 与结构 I 之间跳跃起着重要作用：若 $0<\delta<1$ ，绿色技术研发的专业化经济程度可放大人才市场交易效率对技术交易效率的对比关系；若 $\delta>1$ ，将缩小这种对比关系，并可能引起均衡点在不同结构之间跳跃，即引起结构变迁。因此，可得如下命题。

命题 1：假设绿色技术研发人员流动效率与绿色技术设备的直接交易效率既定，当一国绿色技术研发基础优于国外时，对具有递增研发回报的绿色技术而言，国内的绿色技术市场交易结构更容易成为均衡，绿色技术行业易于出现；对研发回报递减的绿色技术而言，国内绿色技术的企业内研发结构更容易成为均衡，绿色技术部门易于出现。但当一国绿色技术研发基础较国外薄弱时，两种结构成为均衡的可能性无明显偏重。

在表 2 中，数组 1 和 2 为限定 $a_A/a_B>1$ 时随机生成的结构 I 与结构 F 数值，其中对应 $\delta=151.172\in(1,+\infty)$ 使结构 I 为均衡，对应 $\delta=0.901\in(0,1)$ 使结构 F 为均衡。

命题 1 可解释技术型人才流动与技术产品交易出现的频率差异。相比较而言，技术产品交易比技术型人才聘用的频率要高一些，技术性越强以及绿色研发的专业化经济程度越高，专业研发人员选择受雇于某家企业的可能性就越小。只有在存在较高的技术产品出口限制的情形下才会出现专业研发者跨国流动替代技术贸易的现象，如技术基础相对较弱的企业对技术实力较强企业的并购，显然这种情形出现的频率要比技术基础较弱的企业购买技术设备的频率低得多。命题 1 也可从一定程度上解释人才市场与劳动市场交易效率的差异。技术性越强对研发设施 and 研发团队的要求就越高，其专业化经济程度也越高，因而技术人才的流动性远比简单劳动的流动性要差。

外生比较优势决定国际分工是被广泛接受的观点，绿色技术研发效率作为外生比较优势发挥作用的规律可以由命题 2 来揭示。^①

命题 2：绿色技术研发效率在一定程度上影响研发的国别分布；绿色技术投入越富有弹性的产品类别，研发效率对国别分布的决定性也就越强；如果制度因素不变，那么研发专业化经济程度越高的绿色技术，其国别分布也就越容易为这一外生比较优势锁定。

如表 2 中数组 3 和 5 所示， α 自 0 上升至 0.471 时 MF 才出现，此后随着 α 的上升，均衡一直为结构 MF 和结构 F 并存；数组 4 显示，固定 $\alpha=0.471$ ，当 a_A/a_B 升至 0.898 时，结构 MF 不再为均衡，仅结构 F 存在；数组 6 显示， B 国具有外生比较优势，当 $a_A<a_B$ 且 $\delta\in(0,1.626]$ 时无均衡存在，当 $\delta\in[1.627,+\infty)$ 时全局均衡跳至结构 MI 。

（二）制度性效率因素影响绿色技术国别分布的作用机制。结构 F 和结构 MF 是两种

^① 外生比较即李嘉图比较优势，是指讨论国际分工与贸易是否发生时已经存在的比较优势。

• 35 •

包含企业组织的交易结构。从其参数子空间来看,绿色技术研发人才市场交易效率水平都起着非常重要的作用。当其他因素既定时,人才市场交易效率越高,企业内绿色技术研发结构就越有可能出现;绿色技术研发人员流动成本越低的国家,越易于引进研发人员。与结构 F 类似,绿色技术研发的专业化经济程度高低对排污者从国外引进绿色技术研发人员的交易效率也存在放大或缩小作用。不同的是,消费品产出的绿色技术投入弹性 α 也部分地影响人才市场交易效率,并还影响着各参数组合的临界值(即不等式右侧 M_0),临界值与绿色技术投入弹性呈反方向变化,投入弹性 α 越高,临界值越小。从参数子空间第一列的交集不等式来看,临界值的降低会扩大参数组合满足该不等式的范围,使 A 和 B 两国绿色技术研发者的相对交易效率更容易进入该区间,即结构 MF 成为均衡。于是,有命题 3 成立。

命题 3:当其他因素既定时,随着一国从国外引进绿色技术研发人员的交易效率的提高,绿色技术投入弹性较高的产品生产出现绿色技术研发跨国转移均衡的可能性较大。

表 2 中数组 3 和 5 显示,当其他值不变仅 α 下降至 0.47 时,结构 MF 不再为均衡,此时 S_A 须由 0.98 升至 0.981;数组 6 显示,结构 MF 再次出现, α 与 S_A 单调变化,表明命题 3 成立。

命题 3 意味着技术依赖性较高的行业率先产生技术研发跨国转移。

与国内交易结构不同,在结构 MF 的参数子空间构成中,国家间居民环境所有权界定和行使的模糊程度以及环境禀赋差异对分工结构中污染环节分布的影响显现出来。这一因素对结构 MI 的作用效果类似,从而证明国际绿色技术贸易结构中污染环节分布对一国国内居民环境所有权界定和行使模糊程度的依赖性。另外,以 A 和 B 两国环境禀赋状况不变为前提,若两国居民环境所有权界定和行使的模糊程度以相同比例降低,则全局均衡点并不会发生跳跃,但人均真实收入水平是下降的。从全局均衡分析的结果来看,当其他因素不变时,若维持人均真实收入水平不下降,则绿色技术研发人才流动效率或绿色技术设备的交易效率及绿色技术研发效率须上升。故下列命题 4 和命题 5 成立。

命题 4:环境所有权界定和执行的模糊程度较高和环境禀赋较丰裕的国家自发产生绿色技术的可能性很小,反之则反是。对于对绿色技术投入反应较不敏感的生产而言,由环境所有权模糊程度和环境禀赋丰裕度组成的显性环境成本是影响国别分布的主要因素。^①

命题 5:如果各国国内居民环境所有权界定和行使的模糊程度同时同比例下降,消费品专业制造者获取绿色技术方式的选择范围将会被压缩,全局均衡将随着人才市场与技术市场交易效率的变化而变化。

命题 5 意味着降低国家间绿色技术设备或研发人员交易费用是跨国引进绿色技术的唯一出路。然而,由于来源国出口限制等一些引入国企业无法控制的原因,这些交易效率改进的速度通常很缓慢。

对结构 I 和结构 MI ,参数子空间构成中的关键因素是绿色技术设备的交易效率。仅当绿色技术进口国的技术交易效率高到其所在参数组合超过临界值时,结构 MI 才可能为均衡。而一旦出现针对绿色技术的出口限制,结构 MI 所代表的直接技术贸易路径将难以发生。环境所有权模糊程度和环境禀赋,与结构 MF 情形类似。因此,可以得到如下命题。

命题 6:绿色技术设备的交易效率越高,绿色技术的市场交易结构就越容易成为均衡;如果绿色技术进口国的交易效率高于他国,绿色技术国际贸易结构更易于成为均衡;对绿色技术投入弹性越高的制造行业,这种技术交易效率优势的效果就越显著。

^①该结论的证明过程参见高丽敏和兰宜生(2012)的研究。

表 2 中数组 7 显示, $R_A > R_B$, 在其他值不变条件下, $\alpha \in [0.456, 1)$ 均有结构 MI 为均衡; 而 $\alpha \in (0, 0.455]$ 区间, 结构 MI 不为均衡, 表明投入弹性 α 较高的产品对 A 国进口的交易效率优势表现更显著。当绿色技术贸易遭遇出口限制或绿色技术后发国家人才引进效率显著提高时, 绿色技术研发跨国转移可能发生, 进而出现专业的知识技术溢出。命题 7 归纳了绿色技术研发引入国人才流动效率与研发跨国转移的关系。

命题 7: 随着绿色技术研发引入国人才流动效率的提高, 发生研发跨国转移的绿色技术种类数将迅速增加。

表 2 中数组 8 显示, 固定其他值而对 S_A 和 δ 局部单调性测试模拟结果的变化趋势如图 2 所示。其中横轴为 S_A 值, 纵轴为 δ 的临界值区间宽度, 各点皆满足结构 MF 为全局均衡。

如图 2 所示, 随着 S_A 的上升, δ 变化的范围以递增的速度增大。依据数值模拟情况, 在 $S_A = 0.981$ 处, 结构 MF 开始出现, 其绿色技术专业经济程度处于 $\delta \in [7.495, 48.048]$; 此后, S_A 以 0.001 的速度递增, δ 的下限随之小幅递减而其上限大幅递增, 但 δ 总不低于 6.605。从 $S_A = 0.99$ 开始, 研发跨国转移的绿色技术种类数迅速增加, 而在该点处, $S_A = S_B$ 。这表明绿色技术引入国人才流动效率的提高是研发跨国转移的关键, 一旦引进国超过研发国本土人才流动效率, 研发人员跨国流动的企业模式更容易替代跨国技术贸易, 从而逆转该领域后发国家因初始研发条件不足而被排斥在绿色技术研发分工环节之外的局面。相反, 技术先发国家人才配置效率优化进程的停滞将造成大量人才外流。

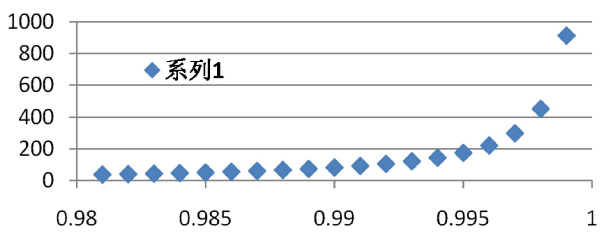


图 2 一组结构 MF 均衡数组的 S_A 和 δ 局部单调性测试模拟结果趋势图

(三) 一国自主研发绿色技术的充要条件。比较结构 F 与结构 MF , 随着 ρ_A / ρ_B 下降, 结构 MF 作为全局均衡的参数子空间变小; 然而, 环境所有权模糊程度的下降势必要求排污者引入绿色技术。本文区分了国内绿色技术研发人员流动效率和绿色技术市场交易效率与国家间对应的两类交易效率。偶然性自发因素、出口限制、绿色技术研发人员跨国流动障碍增加以及绿色技术研发跨国转移后的技术溢出等外生因素都会造成国家间两类交易效率显著降低, 因而都有可能中止最终产品制造商从国外获取绿色技术的过程, 代之以绿色技术的国内自主研发。因此, 面对技术来源国的管制, 国内环境所有权界定和执行的模糊程度、绿色技术市场交易效率、研发人员流动效率等因素决定着绿色技术能否在国内由专业研发分工产生。由此可见, 当其他参数不变时, ρ_A / ρ_B 的下降终将导致全局均衡跳跃至结构 F 或结构 I ; 结构 I 与结构 MI 的比较结果与此类似。因而可得命题 8。

命题 8: 一国居民环境所有权模糊程度相对贸易伙伴国的下降最终将促使国内绿色技术进步的出现。

其直观的经济含义在于: 一国的环境所有权界定和执行的模糊程度下降可通过消除技术进口的路径依赖来激发国内绿色技术进步的均衡结构变迁, 改变国内环境损害型工业的生产技术构成, 最终改善环境质量。所以在长期环境所有权界定和执行的模糊程度不存在一个维持经济增长和人均真实收入水平最优的中部区间水平 (即环境所有权模糊程度处于不逼近 0 的区间), 环境所有权模糊程度总是越低越好。通过国际贸易和技术研发的跨国转移获取绿色技术的路径中断, 并不意味着国内会立即自发出现绿色技术专业部门, 相应的交易效率提高才是形成绿色技术自主研发专业化分工的充分条件。因此, 有命题 9 成立。

命题 9: 一国国内绿色技术研发人才交易效率或绿色技术设备交易效率足够高, 绿色技术将由国内的专业化分工产生。若绿色技术设备交易效率足以形成绿色技术专业研发和交易, 则国内绿色技术研发行业出现; 否则, 绿色技术进步将以国内企业内研发结构间接发生。

表 2 中数组 9 和 10 显示, 当其他值不变时, 若 R_A 自 0.946 下降 0.001, 则结构 I 便不再为全局均衡; 而此时 S_A 只要升至 0.383, 均衡即跳至结构 F 。这表明结构 F 比 I 更容易成为均衡。因此, 国内绿色技术进步以企业内专业部门研发形式出现的可能性更大。

(四) 绿色技术研发专业化的深化。在超边际比较静态分析结果中, 均衡相对价格有如下性质: $\partial(p_r/p_y)/\partial P_A|_{MI} > 0$, $\partial(w/p_y)/\partial p_A|_{MF} > 0$, $\partial(w/p_y)/\partial p_i|_F > 0$, $\partial(p_r/p_y)/\partial p_i|_I > 0$ 。其直观含义可归纳为命题 10。

命题 10: 绿色技术交易的相对价格和绿色技术研发人员的实际薪酬与最终产品产地的环境所有权界定和执行模糊程度呈同方向变化, 这是绿色技术专业化工分深化的必经阶段。

一般认为, 由于环境所有权模糊程度直接影响排污者的环境要素投入规模, 若模糊程度越高, 则排污者对绿色技术投入的节省就越多, 排污者对绿色技术的需求也越小, 绿色技术价格就越低; 然而, 对绿色技术专业研发者来说, 较小的需求规模要求有足够高的价格水平支持才能够继续维持新兴绿色技术研发部门的生存, 否则, 现有的专业化分工结构将难以为继, 社会将退回到无绿色技术的分工结构。因此, 各种分工结构中绿色技术的均衡相对价格水平是与绿色技术使用方的环境所有权模糊程度同方向变动。绿色技术专业研发人员的薪酬水平对环境所有权模糊程度的反应机制为: 在模糊程度较高的条件下, 不需要太多人专注于绿色技术研发, 均衡时留在该研究领域的人则相对具备很高的专业知识, 于是也应配备相应水平的薪酬; 也就是说, 环境所有权模糊程度较高将导致绿色技术的需求较小, 只有较高的薪酬才能满足绿色技术研发人员保持其专业化决策。因此, 在各种分工结构中, 绿色技术研发人员的均衡相对薪酬水平是与绿色技术使用方的环境所有权模糊程度同方向变动的。

综上所述, 在居民环境所有权模糊程度较高时, 如果分工网络中有绿色技术出现, 那么绿色技术的交易价格或研发人员的薪酬均较高。随着居民环境所有权模糊程度的降低, 排污成本将上升, 绿色技术研发越专业化, 而其交易价格或研发者薪酬也会下降, 绿色技术专业领域渐趋成熟。这是分工网络中绿色技术研发专业化深化的一个外生制度性前提。

六、结 论

本文构建了包含居民环境所有权界定和行使的模糊程度、绿色技术设备的交易效率、绿色技术专业研发人才交易效率和绿色技术研发效率等交易成本的超边际经济学模型, 分析绿色技术出现的模式和国别分布变迁。这些因素的国家间对比和各因素组合的参数空间被划分成四个参数子空间来描述四种典型的绿色技术分工结构。研究揭示了上述交易成本和比较优势对各种交易结构形成的作用效果: 国家间绿色技术交易效率的对比、绿色技术研发效率的对比以及技术交易效率与研发人才交易效率的对比对绿色技术出现的模式和国别分布起着决定作用。各国居民环境所有权界定和行使的模糊程度和各国环境禀赋的下降将绿色技术获取的选择压缩到很窄的范围, 并在下降到一定水平时产生国内绿色技术进步的强大激励, 引发绿色技术交易的结构变迁。制成品产出的绿色技术投入弹性通过影响结构变迁的临界值决定各种绿色技术交易结构均衡存在的范围。绿色技术研发的专业化经济程度深刻影响着上述因素对全局均衡结构作用的程度, 从而作用于均衡交易结构不连续跳跃的轨迹。在现实的经济运行中, 易于在市场上定价和测度的产品制造者拥有技术性较强的技

术研发劳动剩余收益权的企业形式并不普遍。绿色技术通常不是产品的核心生产技术,仅为减少生产过程中副产品的排放规模而存在。因此,当绿色技术设备的交易费用较高时,存在绿色技术研发人员向制造业企业流动的可能性较其他技术研发人员受雇的可能性更大。

* 感谢上海高校青年教师培养资助计划项目(ZZLX13007)的资助。

主要参考文献:

- [1]高丽敏,兰宜生.环境所有权、贸易结构变迁与污染分布——基于超边际经济学框架的分析[J].财经研究,2012,(5):81—93.
- [2]李小平,卢现祥,陶小琴.环境规制强度是否影响了中国工业行业的贸易比较优势[J].世界经济,2012,(4):62—78.
- [3]乔晓楠,张欣.东道国的环境税与低碳技术跨国转让[J].经济学(季刊),2012,(3):853—872.
- [4]谢申祥,王孝松,高琼.环境损害与战略性研发政策[J].世界经济,2014,(11):53—71.
- [5]杨小凯.经济学:新兴古典与新古典框架[M].张定胜,张永生,李利明译.北京:社会科学文献出版社,2003.
- [6]Lange A. On the endogeneity of market power in emissions markets[J]. Environment and Resources Economics, 2012, 52(4):573—583.
- [7]Disegni Eshel D M. Optimal allocation of tradable pollution rights and market structures[J]. Journal of Regulatory Economics, 2005, 28(2): 205—223.
- [8]Parry Ian W H, Pizer W A, Fischer C. How large are the welfare gains from technological innovation induced by environmental policies? [J]. Journal of Regulatory Economics, 2003, 23(3): 237—255.
- [9]Yang X. Economics: New classical versus neoclassical frameworks[M]. Cambridge MA: Blackwell Publishing, 2001.

Path Change of Geographic Allocation of Green Technology: An Infra-marginal Analysis Based on a Set of Transaction Costs

Gao Limin

(School of Economics and Trade, Shanghai Lixin University
of Commerce, Shanghai 201620, China)

Abstract: By labor division theory and infra-marginal analytical framework in neo-classical economics, this paper introduces the ambiguity degree of the definition and enforcement of environmental property rights into the model and studies organizational structure of endogenous green technology progress and the path change of geographic allocation of green technology by the combination of exogenous factors such as transaction efficiency of technology & talents market and R&D base of green technology. Model deduction conclusions and numerical simulation results reveal the role of exogenous comparative advantages in national labor division of green technology R&D, the effect of institutional efficiency factors on geographic allocation of green technology, necessary and sufficient conditions that a country starts independent R&D of green technology, characteristics of deepening specialization of green technology R&D, and so on.

Key words: green technology; geographic allocation; path change; institutional transaction efficiency; infra-marginal analysis

(责任编辑 许 柏)