

# 国际产业转移下的碳泄漏模型 与碳收益—成本估算框架<sup>\*</sup> ——基于马克思国际价值理论的演化分析

李 真

(华东师范大学 商学院, 上海 200241)

**摘 要:**文章以马克思国际价值理论为基础,构建了一个以国际产业转移为载体的碳泄漏模型,用以分析碳泄漏机制及碳收益—成本估算框架。分析结果表明,碳泄漏是伴随国际产业转移同步产生的,产业承接国的资本投入、能源投入、人均工资水平、工资投入总量、间接和直接碳泄漏系数、产业承接国人均消费排放,以及不变资本和可变资本的积累率都会对单位价值所隐含的碳泄漏产生影响。产业转出国和产业承接国之间的碳利益分配并不平衡,碳泄漏给产业转出国带来了资源价差收益和国内环境收益,但增加了产业承接国的资源价值期差成本和环境成本。

**关键词:**国际价值;国际产业转移;碳泄漏;碳收益—成本估算框架

**中图分类号:**F091.91;F740 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2013)06-0039-12

## 一、引 言

20世纪60年代之后,发达国家不断提升环境规制对产业的约束,在可能丧失国际竞争力和利润最大化目标的双重驱动下,发达国家逐渐通过贸易和对外投资的方式将传统产业向资源丰富、环境管制较低、更具有劳动力成本优势的发展中国家和地区转移。一些研究证实,20世纪60年代以来,日本已将60%以上的高污染产业转移到东南亚和拉美国家,美国也将39%以上的高污染、高消耗产业转移到其他国家。这表明发达国家的整体产业或价值链工序的梯度转移的确导致了国际碳泄漏问题。

目前研究碳泄漏问题的学者大多关心碳泄漏的流向及碳关税是否能抑制碳泄漏,如 Paltsev(2001)、赵玉焕等(2011)、牛玉静等(2012)。此外,国外学者更感兴趣的是贸易中隐含的碳问题,如 Copeland 和 Taylor(2005)、Mon-gelli 和 Tassielli(2006)、Yan 和 Yang(2010)。在中国问题上,国内学者大都

收稿日期:2013-03-31

基金项目:国家社会科学基金资助项目(11CJL056)

作者简介:李 真(1981—),女,山东青岛人,华东师范大学商学院讲师,博士。

认为世界工厂的地位已经令中国成为碳净出口国,如沈利生和唐志(2008)、陈迎等(2008)、张为付等(2011)。关于以国际产业转移导致的碳排放利益问题,一些学者研究证实了发达国家的 FDI 活动实现了自身的减排目标,但给产业承接国带来了环境成本,如 Mani(1997)、Cole(2004)、赵细康(2002)、杨海生(2005)等。另外一部分学者则认为 FDI 与环境保护之间是互利互惠关系,如 Eskeland 和 Harrison(2003)、Liang(2006)、李小平和卢现祥(2010)等。

在过去的十几年中,很多学者将经济学方法用于环境分析(如 I-O 方法的应用和普及),探索了“国际产业转移对产业承接国环境的影响”问题,做出了卓越的贡献。然而,大部分研究只针对某个问题展开,没有将国际产业转移、碳泄漏及碳利益分配纳入一个统一框架。另外,学者们采用的假设存在较大差异,而且大多采用实证分析方法,缺乏运用理论模型梳理、论证问题。虽然有个别学者试图对外商投资与东道国的污染问题进行模型推理(如包群等,2010),但是其模型建立在价格体系的框架中,这会使模型结果易受到相对价格波动的影响。对应于同一个供求关系,可能存在无数个以价格向量衡量的最优解,不同最优解的区别仅是交换比例发生了变化,但它们背后的价值量可能并未变化。因此,探讨以国际产业转移为载体的碳泄漏及碳收益—成本问题,不仅需要在价格体系中展开,还需关注价值体系,以找到价格影响背后的价值基础。

马克思主义经济学重视研究人与自然的关系,其方法论可以将纯粹的、特定的碳泄漏事件描述转化为具有历史逻辑关系链接的一系列经济活动的动态演化过程,将彼此具有内在联系的经济事物放在统一的分析框架中去审视。这不仅可以解释国际产业转移和碳泄漏的内在机制,还能够突出表现资本主义生产方式下跨国公司追求国际超额剩余价值与保持生态环境之间的内在矛盾,剖析以国际产业转移为载体的碳泄漏利益在不同生产力水平国家之间分配的巨大差异和不公。

因此,从马克思主义经济学角度展开分析能够为国际碳泄漏和碳利益分配问题的研究找到一个价值基础,并实现从个别问题分析到系统问题分析的转变,这为现有研究提供了方法上的有益补充。为此,本文试图将历史和逻辑分析法与矛盾和综合分析法相结合,以马克思国际价值理论为基础,以“利益追逐”为主线,构建一个以国际产业转移为载体的碳泄漏模型,<sup>①</sup>分析碳泄漏机制及临界条件,继而进一步从资源价值、环境价值角度提出一个产业转出国碳收益和产业承接国碳成本的估算框架,用于分析国家主体间的碳利益之争。

## 二、国际产业转移视角下的碳泄漏模型

我们以马克思国际价值理论为基础,构建了一个以对外直接投资形式开展的国际产业转移模型,以探讨跨国碳泄漏机制及临界条件。

## (一)基于马克思国际价值理论的国际产业转移模型

马克思主义经济学认为,价值是交换的基础。当商品生产和流通从一国国内逐渐向世界范围流动时,便出现了国际贸易和跨国投资。在国际经济交换中,不同国家间商品交换的基础从“价值”转为“国际价值”,而一国在国内生产某种商品所需的社会必要劳动时间则成为“国别价值”。设在国家  $i$  生产商品  $j$  的国别价值量为  $w_{ij}^N$ ,它由该国生产该商品所需的社会必要劳动时间决定。而国际价值是在国际正常生产条件、国际平均劳动熟练程度和平均劳动强度下生产的商品价值量,很大程度上受各国国别生产条件、劳动熟练程度和劳动强度的影响。因此,本文将国际价值表示为:

$$w_j^W = f(w_{ij}^N) = \sum_{i=1}^n q_{ij} w_{ij}^N / \sum_{i=1}^n q_{ij} \quad (1)$$

其中,  $w_j^W$  为贸易产品  $j$  的国际价值,  $w_{ij}^N$  为国家  $i$  生产贸易产品  $j$  的国别价值,  $q_{ij}$  为国家  $i$  生产贸易产品  $j$  的产量。国际商品交换的一项重要原则是所有贸易商品均按照国际价值交换,所以,不同的国别价值会导致不同国家在同类产品出口时获得不同的国际超额剩余价值,只有一国贸易品的国别价值低于国际价值时,这个国家在按照国际价值出售商品时才有可能获利。因此,在出口贸易中占据优势的国家通常具有比其他竞争对手更低的国别价值。

近代的科技进步和技术创新大都产生于欧美发达国家,这些国家几乎垄断了全球经济利润。在四次国际产业转移浪潮中,发达国家的国际商品交换基本都具有“前期获取国际超额剩余价值,后期获取转让价值”的特点。我们尝试在国际价值理论的基础上,构建一个初始技术垄断条件下的国际产业转移模型,用于解释某个产业从中心国家向外围国家转移的内在机理。

## 1. 基本假设与国际产业转移路径

基本假设:(1)生产产品  $j$  需投入不变资本  $C_{ij}$  和可变资本  $v_{ij}$ ,其中不变资本包括机器设备原材料( $C_{ij}^m$ )和燃料能源( $C_{ij}^e$ )。(2)产品  $j$  的产量  $Q_{ij}$  和投入的机器设备原材料类不变资本  $C_{ij}^m$  均为资本投入率  $\alpha_{ij}$  ( $>1$ ) 的函数,  $C_{ij}^m = \alpha_{ij} \bar{c}_m$ ,  $Q_{ij} = \alpha_{ij} \bar{q}$ ,其中  $\bar{c}_m$  和  $\bar{q}$  分别为单位化的机器设备原材料价值和产量。(3)投入的燃料能源  $C_{ij}^e = \beta_{ij} \bar{c}_e$ ,其中  $\bar{c}_e$  为单位化的能源消耗价值,  $\beta_{ij}$  ( $>1$ ) 为国家  $i$  生产产品  $j$  的能源投入率,  $\beta_{ij}$  越大表明能源投入越多。(4)国家 1 在期初垄断产品  $j$  的生产技术和生产能力,其他国家  $i$  ( $i=2, \dots, n$ ) 暂不具有这种生产能力,国家 1 利用垄断技术生产该类产品的国别价值量为  $w_{1j}^N = (\alpha_{1j} \bar{c}_m + \beta_{1j} \bar{c}_e + v_{1j} + m_{1j}) / \alpha_{1j} \bar{q}$ ,  $m_{1j}$  为国家 1 生产产品  $j$  所获剩余价值。(5)国家 1 利用产品  $j$  的垄断技术设定出口垄断高价  $\hat{P}_{1j}$ 。(6)国家 1 用于出口的产品  $j$  产量为  $Q_{1j} = \alpha_{1j} \bar{q}$ ,其他国家通过进口国家 1 的产品满足对产品  $j$  的需求。(7)其他国家具有对垄断技术模仿和学习的能力。(8)资本能够完全自由流动,不考虑关税、贸易壁垒和运输成本影响。

如果满足上述假设,那么垄断条件下国家 1 对产品  $j$  的国际产业转移将按照以下几个阶段进行:

在  $T=1$  期时,国家 1 凭借垄断技术成为世界上产品  $j$  的唯一供给者,其他国家通过进口满足对产品  $j$  的需求,总需求量为  $Q_{1j}$ 。在这一阶段,国家 1 通过垄断高价获得超额垄断利润。垄断价格虽具有独立性,但并不是由垄断部门随意确定的,因此垄断价格与价值之间的转换系数  $\rho_j$  在某种程度上受到多重约束:第一,初始垄断国制定的目标价格作为市场价格,归根结底还要受到客观的国际价值基础支配。因此,本文设定一个“转换系数” $\rho_j$ ,将以“货币”为单位的垄断价格换算为以“社会必要劳动时间”为单位的国际价值,即单位垄断价格  $\hat{P}_{1j} = \rho_j w_{1j}^N$ 。第二,垄断价格要以平均利润为基础,垄断部门确定的垄断价格必须保证至少能获得按国别价值出售而获得的剩余价值或利润。第三,垄断利润最大化原则。虽然市场需求对垄断价格有较强的制约性,但是垄断价格不能随意、无限度提高,它与市场需求的反向关系仍然存在。另外,供给对垄断价格的制约来自于垄断门槛的限制,随着技术溢出和学习效应的进一步发展,垄断门槛有可能被其他国家突破,初始垄断国家的垄断高价会受到挑战。第四,垄断价格与价值的转换系数还受到垄断国家货币价值的影响。不考虑供求影响时,商品价格与价值之间的关系可表述为  $P = w_j / w_m$ ,其中  $w_j$  为商品  $j$  的价值,  $w_m$  为货币的价值。对价格方程两边的时间  $t$  求导发现,商品价格变化率同时取决于商品价值变化率、货币价值及货币价值变化率,三个因素交替影响价格变化。在不考虑货币价值变化的情况下,有  $dP/dt = (dw_j/dt)/w_m$ 。

根据上述约束条件,本文用方程组(2)表示垄断价格与国际价值的转换系数( $\rho_j$ )的决定机制。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max } (\hat{P}_{1j} - w_{1j}^w) Q_j^D \\ \alpha_{1j} \bar{c}_m + \beta_{1j} \bar{c}_e + \epsilon_{1j} \bar{v} (1 + m'_{1j}) = w_{1j}^N \alpha_{1j} \bar{q} \\ (p_m \bar{\alpha}_{1j} + p_e \bar{\beta}_{1j} + p_v \bar{\epsilon}_{1j}) (1 + r_{1j}) = \hat{P}_{1j} \alpha_{1j} \bar{q} \\ p_m = \frac{\bar{c}_m}{w_m}, p_e = \frac{\bar{c}_e}{w_m}, p_v = \frac{\bar{v}}{w_m} \\ d \hat{P}_{1j} / dn < 0, d \hat{P}_{1j} / d Q_j^D < 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

其中,  $\bar{c}_m$ 、 $\bar{c}_e$  和  $\bar{v}$  分别为单位化的机器设备厂房、能源和原材料、可变资本价值,  $\bar{q}$  为单位化的产量;  $\alpha_{1j}$ 、 $\beta_{1j}$ 、 $\epsilon_{1j}$  为以价值为折算基础的投入率(系数),  $\bar{\alpha}_{1j}$ 、 $\bar{\beta}_{1j}$ 、 $\bar{\epsilon}_{1j}$  为以数量为折算基础的投入率(系数);  $p_m$ 、 $p_e$ 、 $p_v$  分别代表机器设备厂房的资本单位价格、能源和原材料单位价格及劳动力成本单位价格;  $Q_j^D$  为产品  $j$  的国际需求量,在  $T=1$  时,  $Q_j^D = Q_{1j}$ ;  $m'_{1j}$  为剩余价值率;  $r_{1j}$  为垄断利润率;  $w_m$  为货币的价值;  $n$  为能提供垄断商品的国家数量。

在不考虑供求影响且只有一个初始垄断国的情况下,国际市场需求量  $Q_j^D$  为一个相对稳定的值,而且产品  $j$  的国际价值  $w_{ij}^w$  与垄断出口国(国家 1)的国别价值  $w_{ij}^N$  相等。此时,最大化的垄断利润就只与垄断价格有关,而垄断价格又决定于其价值基础和设定的垄断利润率。垄断价格和价值之间的转换系数  $\bar{\rho}_j$  可通过式(2)中的第二个、第三个和第四个方程计算出来:

$$\bar{\rho}_j = \frac{\hat{P}_{1j}}{w_{ij}^N} = \frac{(\tilde{\alpha}_{1j}\bar{c}_m + \tilde{\beta}_{1j}\bar{c}_e + \tilde{\epsilon}_{1j}\bar{v})(1+r_{1j})}{w_m[\alpha_{1j}\bar{c}_m + \beta_{1j}\bar{c}_e + \epsilon_{1j}\bar{v}(1+m'_{1j})]} \quad (3.1)$$

我们进一步考察加入供求和竞争因素后的情况。假定国际市场对产品  $j$  的需求量在考察期内相对稳定,恰好等于国家 1 的生产供给能力,这样我们只需从供给角度考察  $\rho_j$  的变化即可。设定考察供求因素后的转换系数  $\rho_j$  为:

$$\rho_j = \frac{\hat{P}_{1j}}{w_{ij}^N} = \frac{(\tilde{\alpha}_{1j}\bar{c}_m + \tilde{\beta}_{1j}\bar{c}_e + \tilde{\epsilon}_{1j}\bar{v})(1+r_{1j})}{w_m[\alpha_{1j}\bar{c}_m + \beta_{1j}\bar{c}_e + \epsilon_{1j}\bar{v}(1+m'_{1j})]} \times \frac{n+1}{n} \quad (3.2)$$

其中,  $n$  表示能提供产品  $j$  的国家个数。 $\rho_j$  的这种形式具有良好的特征:(1)  $n$  值越大,表示国际范围内能够提供产品  $j$  的国家数量越多,即供给越多;(2) 当只有国家 1 掌握产品  $j$  的生产技术时,  $\rho_j = 2\bar{\rho}_j$  或  $\hat{P}_{1j} = 2\bar{\rho}_j w_{ij}^N$  是  $\rho_j$  和  $\hat{P}_{1j}$  的极值,这反映了垄断价格不可能完全脱离商品的价值基础;(3) 当  $n \rightarrow \infty$  时,  $\lim \rho_j \rightarrow \bar{\rho}_j$ ,这反映了随着国际市场竞争的不断加剧,垄断价格最终会趋向价值基础。<sup>②</sup> 这样,国家 1 出口产品  $j$  获得的垄断利润为:

$$\Delta \hat{W}_{1j} = (\hat{P}_{1j} - w_{ij}^w) Q_j^D = \frac{(n+1)(1+r_{1j})}{nw_m} (\tilde{\alpha}_{1j}\bar{c}_m + \tilde{\beta}_{1j}\bar{c}_e + \tilde{\epsilon}_{1j}\bar{v}) - [\alpha_{1j}\bar{c}_m + \beta_{1j}\bar{c}_e + \epsilon_{1j}\bar{v}(1+m'_{1j})] \quad (4)$$

在  $T=1$  期时,国家 1 凭借绝对卖方垄断地位获得的垄断利润为:

$$\Delta \hat{W}_{1j} \Big|_{T=1}^{n=1} = \frac{2(1+r_{1j})}{w_m} (\tilde{\alpha}_{1j}\bar{c}_m + \tilde{\beta}_{1j}\bar{c}_e + \tilde{\epsilon}_{1j}\bar{v}) - [\alpha_{1j}\bar{c}_m + \beta_{1j}\bar{c}_e + \epsilon_{1j}\bar{v}(1+m'_{1j})] \quad (5)$$

在  $T=2$  期时,国家 2 通过进口产品  $j$  进行技术学习和模仿,逐渐形成产品  $j$  的生产能力。假设国家 2 自主生产产品  $j$  的产量为  $Q_{2j}$ ,且  $Q_{2j} = \theta_2 Q_{1j}$ ,  $\theta_2$  ( $0 < \theta_2 < 1$ ) 为国家 2 生产产品  $j$  占国家 1 原本出口量的比例。 $Q_{2j}$  只用以满足国内需求,不用于出口,因此国家 2 的生产能力暂不影响产品  $j$  的国际价值。此时,国家 1 产品  $j$  的垄断利润随着国际需求量和垄断价格的双重下降而缩小为:

$$\Delta \hat{W}_{1j} \Big|_{T=2}^{n=2} = \left\{ \frac{3(1+r_{1j})}{2w_m} (\tilde{\alpha}_{1j}\bar{c}_m + \tilde{\beta}_{1j}\bar{c}_e + \tilde{\epsilon}_{1j}\bar{v}) - [\alpha_{1j}\bar{c}_m + \beta_{1j}\bar{c}_e + \epsilon_{1j}\bar{v}(1+m'_{1j})] \right\} (1-\theta_2) \quad (6)$$

如果以上过程不断继续,越来越多的国家会通过生产产品  $j$  以满足国内需求,那么国家 1 的垄断利润会随着国际产品出口量减少及垄断价格下降而

逐渐降低。直到  $T=t$  期,国家 2, ...,  $n$  国内产量扩大到具有对外出口的能力时,产品  $j$  的国际供给市场就相应地从由国家 1 单方控制的垄断市场转变为由多国共同参与的竞争市场。此时,产品  $j$  的国际交换基础就变为由所有供给国共同决定的国际价值  $w_j^w$ 。假设国际市场有国家 1 和国家 2 两个供给商,产品  $j$  的国际市场需求量扩大为  $(\alpha_{1j} + \alpha_{2j})\bar{q}$ ,两国产品  $j$  的出口量分别为  $\alpha_{1j}\bar{q}$  和  $\alpha_{2j}\bar{q}$ ,两个国家的剩余价值率相同,则产品  $j$  的国际价值量变为:

$$w_j^w = \frac{(\alpha_{1j} + \alpha_{2j})\bar{c}_m + (\beta_{1j} + \beta_{2j})\bar{c}_e + (1 + m')(v_{1j} + v_{2j})}{(\alpha_{1j} + \alpha_{2j})\bar{q}} \quad (7)$$

式(7)表明产品  $j$  的国际价值量同时受两个国家的资本投入率  $\alpha_{ij}$ 、能源投入率  $\beta_{ij}$  和可变资本价值(工资)  $v_{ij}$  的影响。当国家 1 在技术能力和生产效率方面的优势大于在可变资本价值方面的劣势,即满足式(8)时,国际价值将在国家 1 的国别价值量  $w_{1j}^N$  和国家 2 的国别价值量  $w_{2j}^N$  之间浮动。

$$\frac{\alpha_{1j}\beta_{2j} - \alpha_{2j}\beta_{1j}}{\alpha_{2j}v_{1j} - \alpha_{1j}v_{2j}} > \frac{1 + m'}{\bar{c}_e} \quad (8)$$

在满足式(8)条件后,国家 1 虽无法凭借垄断地位获得垄断利润,但仍能按国际价值量进行商品交换而获得国际超额剩余价值(如式(9)所示):

$$\Delta W_{1j} = \frac{(\alpha_{1j}\beta_{2j} - \alpha_{2j}\beta_{1j})\bar{c}_e + (\alpha_{1j}v_{2j} - \alpha_{2j}v_{1j})(1 + m')}{\alpha_{1j} + \alpha_{2j}} \quad (9)$$

## 2. 初始技术垄断国家进行国际产业转移的临界(门槛)条件

下面分析国家 1 国际产业转移的临界条件。国家 1 和国家 2 的单位商品价值量可表示为:

$$w_{ij}^N = \frac{\alpha_{ij}\bar{c}_m + \beta_{ij}\bar{c}_e + \epsilon_{ij}(1 + m')\bar{v}}{\alpha_{ij}\bar{q}} \quad (i=1, 2) \quad (10)$$

其中,  $\alpha_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$  和  $\epsilon_{ij}$  的含义与前文相同,对式(10)中的系数求偏导可得  $\partial w_{ij}^N / \partial \alpha_{ij} < 0$ ,  $\partial w_{ij}^N / \partial \beta_{ij} > 0$ ,  $\partial w_{ij}^N / \partial \epsilon_{ij} > 0$ 。

虽然在产品  $j$  的初始生产阶段,国家 1 凭借垄断技术在劳动生产率和能源利用率方面均高于国家 2,即  $\beta_{1j}/\alpha_{1j} < \beta_{2j}/\alpha_{2j}$  成立,<sup>③</sup>但由于技术扩散和溢出,两国劳动生产率和能源利用效率之间的差距逐渐缩小,可变资本价值转而成为两国共同关注的问题。假设国家 1 的可变资本价值较高,即  $\epsilon_{1j} > \epsilon_{2j}$ ,当产品  $j$  的国际价值继续下降,直至与国家 1 产品  $j$  的国别价值相等时,国家 1 的超额剩余价值降至零,此时高额的可变资本价值完全抵消了初始技术和生产率优势带来的好处。为了继续获得国际超额剩余价值,国家 1 开始将产品  $j$  的生产转移至可变资本价值更有优势的国家。式(11)即为国家 1 生产优势丧失及国际产业对外转移的临界(门槛)条件。

$$\epsilon_{1j} > \frac{(\alpha_{1j}\beta_{2j} - \alpha_{2j}\beta_{1j})\bar{c}_e + \alpha_{1j}\epsilon_{2j}(1 + m')\bar{v}}{\alpha_{2j}(1 + m')\bar{v}} \quad (11)$$

## (二) 国际产业转移视角下的碳泄漏模型

假设国家 1 将产品  $j$  的生产转移到在劳动力成本方面更有优势的国家 3, 那么就相应出现了产品生产和碳泄漏的同步转移。因此, 生产投入的不变资本和可变资本就相应转化为碳排放, 也即:

$$E_{ij}^e = E_{ij}^m + E_{ij}^c = e_{ij}^m C_{ij}^m + e_{ij}^c C_{ij}^c = e_{ij}^m \alpha_{ij} \bar{c}_m + e_{ij}^c \beta_{ij} \bar{c}_e, E_{ij}^v = \bar{e}_{ij}^v n_{3j} \quad (12)$$

其中,  $E_{ij}^e$  代表国家 1 将产业  $j$  转移至国家 3 后在不变资本投入中所内嵌的碳泄漏, 以生产排放为主, 由机器、厂房、设备、原材料等内嵌的  $E_{ij}^m$ , 以及燃料投入内嵌的  $E_{ij}^c$  组成。  $e_{ij}^m$  和  $e_{ij}^c$  分别为以两种形式存在的不变资本与碳泄漏之间的转换系数, 即碳泄漏系数。  $E_{ij}^v$  为产业转移后生产产品  $j$  投入的可变资本所形成的碳泄漏, 以消费排放为主, 由生产  $j$  所需雇佣的工人数量  $n_{3j}$  与每个劳动力的平均排放  $\bar{e}_{ij}^v$  的乘积表示。由于个人排放水平在一定时期内相对稳定, 因此,  $\bar{e}_{ij}^v$  可近似看作常量。另外, 由于劳动力人数  $n_{3j}$  一般与单位可变资本价值 (工资率  $k_{3j}$ ) 负相关, 这样我们可将国家 1 产业转移后单位价值量生产所造成的碳泄漏模型表示为:

$$E_j^{1 \rightarrow 3} = \frac{e_{ij}^m \alpha_{ij} \bar{c}_m + e_{ij}^c \beta_{ij} \bar{c}_e + e_{3j}^v \bar{e}_{ij}^v / k_{3j}}{\alpha_{ij} \bar{c}_m + \beta_{ij} \bar{c}_e + \epsilon_{ij} (1 + m') \bar{v}} \quad (13)$$

我们进一步分析考虑再生产过程的碳泄漏模型。假设当期生产产品  $j$  所获得的剩余价值转化为下一期再生产的资本积累, 并定义厂房、机器和设备的积累率为  $g_{ij}^m$ , 燃料等的积累率为  $g_{ij}^c$ , 可变资本积累率为  $g_{ij}^v$  ( $g_{ij}^m + g_{ij}^c + g_{ij}^v < 1$ ), 这样新增可变资本和不变资本为:

$$\Delta C_{ij}^m = g_{ij}^m (m' \epsilon_{ij} \bar{v}), \Delta C_{ij}^c = g_{ij}^c (m' \epsilon_{ij} \bar{v}), \Delta V_{ij}^v = g_{ij}^v (m' \epsilon_{ij} \bar{v}) \quad (14)$$

将式(14)转化为碳泄漏形式:

$$\Delta E_{ij}^m = e_{ij}^m g_{ij}^m \epsilon_{ij} m' \bar{v}, \Delta E_{ij}^c = e_{ij}^c g_{ij}^c \epsilon_{ij} m' \bar{v}, \Delta E_{ij}^v = e_{3j}^v g_{ij}^v \epsilon_{ij} m' \bar{v} / k_{3j} \quad (15)$$

将式(15)代入式(13), 得到再生产条件下的国际产业转移碳泄漏模型:

$$E_j^{1 \rightarrow 3} = \frac{e_{ij}^m \alpha_{ij} \bar{c}_m + e_{ij}^c \beta_{ij} \bar{c}_e + \bar{e}_{ij}^v \epsilon_{ij} \bar{v} / k_{3j} + (e_{ij}^m g_{ij}^m + e_{ij}^c g_{ij}^c + e_{3j}^v g_{ij}^v / k_{3j}) \epsilon_{ij} m' \bar{v}}{\alpha_{ij} \bar{c}_m + \beta_{ij} \bar{c}_e + \epsilon_{ij} (1 + m') \bar{v}} \quad (16)$$

式(16)表明, 国家 1 将产品  $j$  向国家 3 转移所产生的单位价值碳泄漏受多个因素影响。为了检验各影响因素对国际产业转移内嵌的碳泄漏的影响关系, 本文对  $E_j^{1 \rightarrow 3}$  求各影响因素的偏导, 利用函数  $\text{sgn}(x)$  得出以下矩阵:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, x > 0 \\ 0, x = 0 \\ -1, x < 0 \end{cases}$$

$$\left( \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial \alpha_{ij}}, \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial \beta_{ij}}, \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial \epsilon_{ij}}, \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial e_{ij}^m}, \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial e_{ij}^c}, \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial e_{3j}^v}, \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial k_{3j}}, \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial g_{ij}^m}, \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial g_{ij}^c}, \frac{\partial E_j^{1 \rightarrow 3}}{\partial g_{ij}^v} \right) = \begin{pmatrix} 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1 \end{pmatrix}^{\text{sgn}} \quad (17)$$

由式(17)我们可以发现, 在所有的影响因素中, 除了产业承接国的单位可

变资本价值  $k_{3j}$  与国际产业转移所产生的碳泄漏负相关之外,其他因素都与单位价值所隐含的碳泄漏正相关。这说明一国的可变资本价值不仅是影响国际产业转移的重要因素,而且还对碳泄漏起到抑制作用。

### 三、碳泄漏收益—成本估算框架设计

我们从资源和环境两个角度构建一个产业转出国和承接国的碳收益—成本估算框架,用于分析国际碳泄漏对两者的影响差异。

#### (一)国际碳泄漏的资源收益—成本估算

假设只考虑生产性的资源消耗和碳排放。由于生产技术水平和工艺等因素的影响,国家 1 和国家 3 在生产资料使用效率方面具有一定差距。定义  $\varphi_{1j}^r$  为国家 1 生产单位产品  $j$  所消耗的资源数量,<sup>⑥</sup>  $\varphi_{3j}^r$  为国家 3 生产单位产品  $j$  所消耗的资源数量,并有  $\varphi_{3j}^r > \varphi_{1j}^r$  成立。另外,产业承接国廉价的资源成本,以及相对宽松的环境约束也是吸引发达国家产业转移的重要因素。因此,国际碳泄漏所导致的资源利益在国家 1 和国家 3 之间的分配便体现在产业转出国的资源价差收益和承接国的资源价值期差成本两部分。

#### 1. 产业转出国的资源价差收益

定义  $p_j^r$  为两国单位资源投入价格。国家 1 生产产品  $j$  投入的资源成本为  $R_{1j}^r = p_{1j}^r \varphi_{1j}^r Q_j$ 。当国家 1 将产业转移后,使用国家 3 的投入技术生产同样数量的产品  $j$  投入的资源成本为  $R_{3j}^r = p_{3j}^r \varphi_{3j}^r Q_j$ 。我们进一步将资源投入函数  $\varphi_{ij}^r$  转化为  $\varphi_{ij}^r = \lambda_{ij} \bar{\varphi}$  的形式,  $\bar{\varphi}$  为单位化的资源消耗量,  $\lambda_{1j}$  和  $\lambda_{3j}$  分别为国家 1 和国家 3 的资源消耗系数。<sup>⑦</sup> 由于两国的资源投入效率有差距,因此一般有  $\lambda_{1j} < \lambda_{3j}$ 。设  $p_{3j}^r = f^r p_{1j}^r$ ,  $\varphi_{3j}^r = g^r \varphi_{1j}^r$ ,  $f^r$  为两国单位资源价格差异,  $g^r$  为两国单位资源投入差异。在现实背景下,发达国家会利用经济、军事和政治方面的强势地位来控制产业承接国的非可再生资源价格,因此常出现同一资源在产业承接国被人为压低价格的现象,有  $0 < f^r < 1$ 。此外,产业转出国在生产方面的能源投入效率大多优于产业承接国,因此有  $g^r > 1$ 。这样,国家 1 产业转移后的资源价差收益可表示为:

$$\Delta R_{1j}^r = (p_{1j}^r \varphi_{1j}^r - p_{3j}^r \varphi_{3j}^r) Q_j = (1 - f^r g^r) p_{1j}^r \lambda_{1j} \bar{\varphi} Q_j \quad (18)$$

式(18)表明,碳泄漏给产业转出国带来的资源价差收益与两国国内资源价格差异( $f^r$ )、单位商品能耗差异( $g^r$ )和产品产量( $Q_j$ )密切相关。国家 1 获得的资源价差收益取决于  $f^r$  和  $g^r$  的交替变化强度,在满足  $f^r > 1/g^r$  时,产业转出国 1 能够从国际碳泄漏中获得资源价差收益。

#### 2. 产业承接国的资源价值期差成本

由于制造业在生产过程中投入的能源大多为非可再生资源,因此这类资源的价值会随着存储量的减少呈增值趋势。假设单位资源在未来的价值增值率为  $r^{1-s_t}$  ( $r > 1$ ),  $s_t$  为  $t$  期该资源的存储率,则产业承接国的资源时间价值成

本( $N_{3j}^{rs}$ )函数为:

$$N_{3j}^{rs} = (1 + r^{1-s_1})^t p_{3j}^r \varphi_{3j}^r Q_j = (1 + r^{1-s_1})^t p_{3j}^r \lambda_{3j} \bar{\varphi} Q_j \quad (19)$$

式(19)表明,国家3在承接产业转移的过程中耗费了大量的国内非可再生资源,当期使用的越多,资源枯竭的速度越快。在考虑未来可供量减少的因素后,当期生产投入的本国资源价值量将随着资源存储量的减少而逐渐增值;在考虑资源的时间价值后,生产投入资源的市场价值升值趋势还将随着时间的推移而进一步加剧,这就是产业承接国的资源价值期差成本。

## (二)国际碳泄漏的环境收益—成本估算

定义  $\varphi_{ij}^e$  为国家  $i(i=1,3)$  生产单位产品  $j$  的排放量。假设生产排放是资源投入量和碳排放技术的函数,设定碳排放函数  $\varphi_{ij}^e$  为  $\varphi_{ij}^e = \varphi_{ij}^r / \theta_{ij}$ , 满足  $\partial \varphi_{ij}^e / \partial \theta_{ij} < 0$ ,  $\partial \varphi_{ij}^e / \partial \varphi_{ij}^r > 0$ 。其中,  $\theta_{ij}$  为国家  $i(i=1,3)$  的碳排放技术,且  $\theta_{1j} > \theta_{3j}$ 。这样,碳排放函数  $\varphi_{ij}^e$  可转化为  $\varphi_{ij}^e = \lambda_{ij} \bar{\varphi} / \theta_{ij}$ 。碳泄漏的环境收益分配可分为两个部分:产业转出国的环境收益和产业承接国的环境成本。

### 1. 产业转出国的环境收益

碳泄漏给产业转出国带来的环境收益包括环境税节约收益和污染治理投资节约收益。假设国家1和国家3对生产排放征收单位排污税,税率分别为  $t_1$  和  $t_3$ , 有  $t_1 > t_3$ 。这样,国家1产业转移前后承担的排污税税负分别为:

$$\begin{aligned} T_{1j}^e &= t_1 \varphi_{1j}^e Q_j = \frac{t_1 \lambda_{1j}}{\theta_{1j}} \bar{\varphi} Q_j \\ T_{3j}^e &= t_3 \varphi_{3j}^e Q_j = \frac{t_3 \lambda_{3j}}{\theta_{3j}} \bar{\varphi} Q_j \end{aligned} \quad (20)$$

式(20)两个方程之差即为国家1碳泄漏的环境税节约收益:

$$\Delta T_{1j} = T_{1j}^e - T_{3j}^e = \left( \frac{t_1 \lambda_{1j}}{\theta_{1j}} - \frac{t_3 \lambda_{3j}}{\theta_{3j}} \right) \bar{\varphi} Q_j \quad (21)$$

由于  $\lambda_{1j} < \lambda_{3j}$ ,  $\theta_{1j} > \theta_{3j}$ , 有  $\lambda_{1j} / \theta_{1j} < \lambda_{3j} / \theta_{3j}$ , 因此,只有当产业承接国给予足够的排污税收优惠时,国家1向国家3的碳泄漏才能获得相应的节税收益。

另外,由于国家1将产品  $j$  的生产转移到国家3,这对国家1而言相当于节省了环境治理费用。定义  $p_i^e$  为国家1治理单位排放所花费的成本,则碳泄漏为国家1所节省的净环境污染治理成本( $H_{1j}^e$ )为:

$$H_{1j}^e = (p_1^e - t_1) \lambda_{1j} \bar{\varphi} Q_j \quad (22)$$

### 2. 产业承接国的环境成本

碳泄漏给产业承接国带来的环境成本包括环境治理成本和间接经济成本两部分。假设  $p_3^e$  为国家3治理单位排放所花费的成本,且考虑产业承接国征收排污税的冲抵效应,则碳泄漏给国家3造成的污染治理成本( $H_{3j}^e$ )可表示为:

$$H_{3j}^e = (p_3^e - t_3) \varphi_{3j}^e Q_j = \frac{(p_3^e - t_3) \lambda_{3j}}{\theta_{3j}} \bar{\varphi} Q_j \quad (23)$$

碳泄漏不但给产业承接国带来了直接的环境污染治理成本,还给产业承接国的农业和居民生活带来了不同程度的负面影响。例如,SO<sub>2</sub>排放形成的酸雨带来的农林业损失;工业废水排放造成的水资源污染导致的渔业损失及生态破坏;工业固体有毒垃圾填埋或丢弃对土壤的永久性破坏带来的农业损失;工业废气和可吸入颗粒物造成的人体健康损失和医疗成本等。这些并不同于直接的环境污染治理成本,而是一种间接的经济损失,且这种间接成本对产业承接国的影响更为持久。为此,本文用式(24)表示碳泄漏给国家 3 带来的间接经济成本:

$$H_{3j}^{\text{ind}} = (\tau_{3j}^e)^t \varphi_{3j} Q_j = \frac{(\tau_{3j}^e)^t \lambda_{3j}}{\theta_{3j}} \bar{\varphi} Q_j \quad (24)$$

其中,  $H_{3j}^{\text{ind}}$  为产业承接国的间接经济成本,  $(\tau_{3j}^e)^t$  为间接损失乘数,  $t$  为排放累计时间。本文将间接损失以指数形式代入  $H_{3j}^{\text{ind}}$ , 主要用于体现碳泄漏的时间累积效应,即随着时间的推移,本期的碳泄漏会遗留至下一期,这样便导致了产业承接国的间接经济损失将以乘数形式加速增长。

由以上分析可知,国家碳泄漏导致了碳利益在产业转出国和产业承接国之间的不平衡分配。当国家 1 在产业转移后使用国家 3 的资源投入生产时,国家 1 获得的碳泄漏利益( $R_{1j}$ )和国家 3 承担的碳泄漏成本( $C_{3j}$ )分别为:

$$R_{1j} = \Delta R_{1j}^{\text{rp}} + \Delta T_{1j}^e + H_{1j}^{\text{r}} = [(p_{1j}^{\text{r}} - f^{\text{r}} g^{\text{r}} p_{1j}^{\text{r}} + \frac{t_1}{\theta_{1j}} + p_1^e - t_1) \lambda_{1j} - \frac{t_3 \lambda_{3j}}{\theta_{3j}}] \bar{\varphi} Q_j \quad (25)$$

$$C_{3j} = N_{3j}^{\text{rs}} + H_{3j}^e + H_{3j}^{\text{ind}} = \lambda_{3j} [(1 + r^{1-s_t})^t p_{3j}^{\text{r}} + \frac{p_3^e - t_3 + (\tau_{3j}^e)^t}{\theta_{3j}}] \bar{\varphi} Q_j \quad (26)$$

另外,当我们将产量因素考虑在内时,产业承接国损失的碳利益还与产业转出国的产品需求量相关。假设所有国家都将其产品  $j$  的生产转移到国家 3,那么国家 3 将成为产品  $j$  的全球生产中心。这样,式(26)变为:

$$C_{3j} = N_{3j}^{\text{rs}} + H_{3j}^e + H_{3j}^{\text{ind}} = \lambda_{3j} [(1 + r^{1-s_t})^t p_{3j}^{\text{r}} + \frac{p_3^e - t_3 + (\tau_{3j}^e)^t}{\theta_{3j}}] \bar{\varphi} \sum_{i \neq 3} Q_{ij} \quad (27)$$

式(27)表明,当一国成为某产业的集中生产基地时,该国便成为该产业的“世界工厂”,这便导致发达国家将资源能耗和碳排放在空间上进行了转移,产业承接国成为世界生产性碳排放的主要集中地。从世界范围看,产业转移并未减少全球资源能耗和碳排放,只是转移到不同地区而已。

#### 四、结论和启示

通过对国际产业转移、碳泄漏和碳收益—成本模型的理论推导,本文主要得出以下结论:第一,国际产业转移的一个重要结果是可能导致碳泄漏。碳泄漏程度受多种因素影响,其中产业承接国的单位可变资本价值与国际产业转移所导致的碳泄漏负相关,而资本投入、能源投入和可变资本投入总量、间接和直接碳泄漏系数、产业承接国人均排放量、不变资本和可变资本的积累率都

与碳泄漏正相关。第二,碳泄漏的收益—成本估算框架表明,碳泄漏导致了产业转出国和承接国之间不平衡的碳利益分配。在资源利益方面,考虑到不同区域的资源价格差异及资源未来价值升值等因素,产业转出国在碳泄漏过程中可以获得资源价差收益,而产业承接国则因生产性过度开采增加了资源价值期差成本。在环境利益方面,产业转出国通过碳泄漏将环境压力转移至他国获得了环境税和污染治理投资的节约收益,并减少了因生产排放导致的间接经济损失;而产业承接国不仅为碳泄漏投入了大量的环境治理费用,还在农林渔业、人体健康、土壤可持续生产力等方面付出了代价。

上述结论表明,具有较强减排约束的国家将高碳产业向外转移,由于产业承接国的减排限制相对较少,高碳产业在这些国家的排放量可能更大。因此,高碳产业的国际转移表面上减少了产业转出国的碳排放量,但实质上却可能增加更多不受控制的温室气体排放。此外,以国际产业转移为载体的碳泄漏还削弱了产业承接国减排政策的有效性,增加了其控制温室气体排放的成本。而西方政治家和学者在研究时却常认为,国际产业转移给中国带来了巨大的经济利益,中国是碳泄漏的最大受益国,并借此在国际气候谈判中以碳泄漏为名向我国施压,这显然是不公平的。所以,国际贸易制度中环境条款的缺乏和不完善导致了排放责任认定和环境政策制定的混乱,成为国际碳泄漏的一个重要制度原因。

作为全球最大的产业承接国,中国不仅要提高引资门槛、加强对外资企业生产环境的监管和处罚力度,还需限制或禁止跨国公司在稀缺或不可再生重要资源领域的投资。此外,作为 WTO 的成员国,中国应积极推进以最终消费为基础的减排责任认定原则,以在碳泄漏中获得合理、合法的碳利益补偿。

\* 感谢匿名审稿人的建设性意见,使本文更加严谨,当然文责自负。

#### 注释:

- ①碳泄漏一般有三个主要载体:化石能源的国际贸易、碳密集型产品的国际贸易和碳密集型产业的国际转移,本文主要分析以国际产业转移为载体的碳泄漏问题。
- ②由于本文的选题和研究核心是国际产业转移下的碳泄漏及碳收益—成本问题,垄断价格在本文是作为国际产业转移机制的研究起点,因此,本文在有限的篇幅中,仅对垄断价格和价值间的转换系数决定机制进行框架式的分析。
- ③因为  $\alpha_{1j} > \alpha_{2j}$ ,  $\beta_{1j} < \beta_{2j}$ , 所以  $\beta_{1j}/\alpha_{1j} < \beta_{2j}/\alpha_{2j}$  成立。
- ④由于国家 1 将产品  $j$  的生产转移至国家 3 后生产投入的可变资本和消费排放便由国家 3 工人的工资水平和平均排放决定,因此可变资本内嵌的碳泄漏量便是国家 3 变量的函数。
- ⑤由于篇幅限制,本文无法详细给出每个变量偏导结果,有兴趣的读者可与作者联系。
- ⑥  $\varphi_0^j$  指生产过程中消耗的资源数量,而前文的  $C_0^j$  指以货币衡量的资源价值量。
- ⑦  $\lambda_0^j$  指按资源数量换算的消耗系数,而前文的  $\beta_0^j$  指按资源价值量换算的消耗系数。

主要参考文献:

- [1]包群,陈媛媛,宋立刚.外商投资与东道国环境污染:存在倒U型曲线关系吗?[J].世界经济,2010,(1):3—17.
- [2]蔡继明.论马克思的经济学研究方法及其启示[J].学术月刊,2001,(4):45—50.
- [3]冯金华.一般均衡理论的价值基础[J].经济研究,2012,(1):31—41.
- [4]Copeland B R,Taylor M S. Trade and the environment: Theory and evidence [M]. Princeton University Press, 2005,555—787.
- [5]Mongelli I, Tassielli G, Notarnicola B. Global warming agreements, international trade and energy/carbon embodiments: An input-output approach to the Italian case[J]. Energy Policy, 2006, 34(1): 88—100.

## Carbon Leakage Model and Carbon Benefit-cost Estimation Framework under International Industrial Transfer: An Evolutionary Analysis Based on Marxian International Value Theory

LI Zhen

(Business School, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

**Abstract:** Based on Marxian international value theory, this paper constructs a carbon leakage model regarding international industrial transfer as the carrier to analyze the mechanism of carbon leakage and carbon benefit-cost estimation framework. The results show that carbon leakage is accompanied with international industrial transfer, and factors in the country with industry acceptance such as capital input, energy input, income level per capita, total amount of wage input, indirect and direct carbon leakage coefficients, carbon emissions per capita consumption and the accumulation rates of constant and variable capital affect carbon leakage per unit value. There is an unfair distribution of carbon benefits between the country with industry transfer and the country with industry acceptance. Carbon leakage improves spread benefits of natural resources and domestic environmental benefits in the country with industry transfer, but increases the costs of time value differentials of natural resources and environmental costs in the country with industry acceptance.

**Key words:** international value; international industrial transfer; carbon leakage; carbon benefit-cost estimation framework

(责任编辑 金 澜)