

基于人群健康的污染产业转移环境效应研究 ——以广东省陶瓷行业为例

刘利^{1,2,3,4}, 周永章^{1,2}, 卢强^{1,2}

1. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275; 2. 中山大学地球环境与地球资源研究中心, 广东 广州 510275;
3. 华南理工大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510006; 4. 工业聚集区污染控制与生态修复教育部重点实验室, 广东 广州 510006

摘要: 产业转移是经济发展过程中常见现象; 工业生产与资源环境之间密不可分的关系决定了产业转移必然引起资源环境状况的变化。为评价产业转移对改善区域整体环境状况的作用, 构建了以环境经济损益分析定量评价产业转移的环境效应的方法框架, 并以广东省陶瓷行业转移为例, 研究了基于人体健康的污染产业转移的环境效应。研究结果显示, 一般而言, 由于污染排放变化, 产业迁出地将产生环境效益, 同时承接地将发生环境损失。当产业转移产生环境净效益时, 意味着整体区域环境的改善。这种改善主要得益于产业迁出地和承接地之间存在的社会经济特征差异、具有经济技术可行性的污染控制技术的推广以及环境自净能力的合理利用等因素的综合作用。为促进区域协调发展, 区域内产业转移过程中, 应采取优化产业转移目录、加强环境管理、建立环境信息公开和公众参与制度和统筹协调区域内的污染控制责任和环境利益等环境治理措施。

关键词: 污染产业; 环境损益分析; 环境健康损益; 直接市场评价法

中图分类号: X708

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2012) 09-1580-08

引用格式: 刘利, 周永章, 卢强. 基于人群健康的污染产业转移环境效应研究: 以广东省陶瓷行业为例[J]. 生态环境学报, 2012, 21(9): 1580-1587.

LIU Li, ZHOU Yongzhang, LU Qiang. Environmental effect analysis of pollution industry relocation based on human health: a case study of ceramic industry in Guangdong province[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(9): 1580-1587.

在经济全球化和区域经济一体化趋势加强的背景下, 国际性和区域性的产业转移进程加快、规模扩大^[1-3]。产业转移能够促进资本、技术、劳动力等要素的合理流动、提高经济效率, 推动欠发达国家和地区的工业化进程。然而, 无论国际层面、国内或是区域内, 产业转移常常不同程度地伴随着污染转移现象^[4-6]。如广东省大力推动省内产业转移政策五年后, 产业承接地的污染排放量迅速增加, 如阳江、惠州、清远、河源等市 2010 年的工业废气排放总量比 2002 年增长 2 倍有余。

一般而言, 产业的合理空间布局有助于有效利用自然环境的自净能力, 降低污染减排的成本。产业转移对移出地和承接地的环境影响各不相同。一般而言, 产业承接地通常经济发展水平较低, 可用于环境保护的资金和技术有限, 环境管理能力相对较弱, 更容易受到环境污染的影响。已有文献^[7-11]关注这一问题, 并从定性和定量的角度展开的相关研究, 定量研究多从产业承接地污染排放的角度展开分析^[12-14]。本文关心的问题是: 区域内的产业转移, 比如一国国内、或者是一个行政区域内的产业转移, 是否有利于改善总体环境? 也就是产业转移

的环境效应如何?

本文通过区域内产业转移所造成的环境状况变化, 分析相应的环境经济效益和损失, 评价产业转移的总体环境效应, 并将该方法框架应用于广东省佛山市陶瓷行业省内转移的案例分析。

1 研究框架

1.1 产业转移的环境效应

产业转移本质上是生产能力的转移, 生产能力的转移必然伴随环境压力的转移, 产业的迁出地和承接地的环境状况将发生变化, 但变化方向和程度可能会有所不同。若其他条件不变, 迁出地由于生产能力移出, 污染排放将减少, 环境状况将得到改善, 带来环境效益; 承接地因为生产能力的移入将增加该地区的环境压力, 从而造成环境损失。

产业转移对承接地环境影响的程度与被转移产业的特征及其规模相关, 也与污染控制技术措施相关。一般而言, 产业转移是企业生产要素重新组合的契机, 被转移的产能若能采取更清洁的生产工艺、减排力度更大, 将有助于减轻移入地的资源环境压力。然而, 作为微观经济活动主体的企业, 是否在产能转移后改善其环境表现? 这取决于其自

基金项目: 新加坡东南亚环境经济项目 (003591-135); 工业聚集区污染控制与生态修复教育部重点实验室开放基金项目

作者简介: 刘利 (1972 年生), 女, 讲师, 博士研究生, 研究方向为环境管理、环境经济学、区域可持续发展。E-mail: liuli@scut.edu.cn

收稿日期: 2012-05-31

身内在动因和外动因的合力。

一是企业内部因素。促进企业改善其环境表现的内在动机，如：出于经济效益目的、提高资源能源利用率，企业的社会责任感，维护和提升企业的社会形象和市场声誉，下游采购方的准入要求，等等^[15]。

二是外在动机，主要来源于正式或非正式的环境规制^[16]。狭义上，环境规制指由于存在外部性，社会成本与私人成本之间存在差异，于是政府制定相应的政策和措施调节厂商的经济活动，促进经济与环境的协调发展；广义上，环境规制不仅包括政府有针对性的政策和管理，也包括非政府对环境管理的参与，如公众对企业环境表现的反应、舆论的关注、环保类非政府组织（NGOs）的行动等^[17-18]。

1.2 环境经济损益分析

不同产业的环境问题存在明显的差异性。某类产业的环境问题可能涉及多种介质，并非单一的环境问题。采用环境经济损益分析方法评估产业转移的环境效应，能够将产业转移带来的各种环境问题的不同影响进行货币化，解决各类环境影响之间的可比性问题。因而，能够在同一度量基础上定量评价和比较不同情况下产业转移的环境效应。

1.2.1 分析框架

环境经济损益分析的方法框架见图 1。在环境经济损益分析过程中，需要解决一系列关键问题。

(1) 关键问题一：分离出产业转移造成的环境状况变化。区域环境状况变化体现在环境质量变化和污染物排放量变化两个方面。要将产业转移的环境状况变化分离出来，需要有实地环境监测和相关

的统计数据支持。

(2) 关键问题二：受体的识别。所谓“受体”，即受到环境状况变化影响的各种对象，包括人、动植物和物质材料等。一般而言，环境经济评价需要通过枚举法列出受到环境状况变化影响的各类受体。

(3) 关键问题三：选定剂量反应关系（Dose-Response Relationship）。剂量反应关系指受体对环境状况变化的暴露剂量（exposure）与受体末端物理影响（即“反应”，response）之间的定量关系。剂量反应关系是从环境状况变化到受体的物理影响之间的桥梁，需要有各自然学科和医学方面的研究支持。

(4) 关键问题四：选择恰当的货币化技术，获得合理的货币化结果。环境价值包括使用价值、非使用价值和选择价值。根据环境价值评价获取的途径不同，环境价值评价有三类方法：直接市场评价法、揭示偏好法和陈述偏好法。由于直接市场评价法反映环境的使用价值，一般被认为是环境价值的保守估计，该方法的估算结果较容易被公众接受和认可，可作为较现实的决策依据。

1.2.2 费用效益分析

费用效益分析（Cost-Benefit Analysis, CBA）通过对比所评估的项目、政策、活动的费用和效益，对其可行性进行评价。常被用于评价各种项目方案以及政策的社会效益。

一般而言，环境质量下降将导致环境经济损失，也称为环境费用；环境质量改善会产生环境效益。对产业转移进行环境费用效益分析，是在环境影响识别和货币化基础上，对比不同地理单元环境状况变化带来的环境费用与效益。区域内的产业转移是否有利于改善整体区域的环境状况，可以通过对比产业转移对迁出地和承接地的环境损益来判断。当产业转移带来的环境效益大于环境费用，即环境净效益大于 0 时，该产业转移有利于改善整体区域的环境状况，反之亦然。

1.2.3 直接市场评价法

直接市场评价法通过观察环境状态的变化对商品和服务造成的影响，评价由此产生的环境效益或损失。如空气污染使得农作物减产、品质下降，降低其市场价值；环境污染损害人体健康，引发疾病，产生医疗费用、劳动生产率水平下降等。直接市场评价法利用市场价格，对环境损害带来的环境成本和环境改善带来的效益进行价值评估。根据评价对象不同，常用的直接市场评价法如下：

(1) 生产率变动法——评价环境变化对产品的产量、生产成本和利润等的影响；

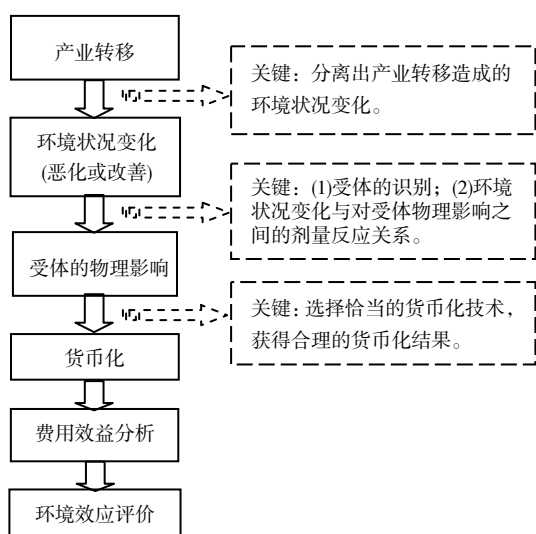


图 1 产业转移的环境经济评价方法框架^[19]

Fig.1 Methodological framework for environmental economic evaluation of industrial relocation

(2) 疾病成本法和人力资本法——评价环境因素导致的人体健康影响(体现为发病率和死亡率的变化)及劳动生产率(体现为劳动者的收入)变化;

(3) 重置成本法——估算环境被破坏后将其恢复原状所发生的费用。

2 案例研究

广东省陶瓷行业省内转移是污染产业转移的一个典型案例。位于珠三角地区的佛山市 20 世纪 80 年代初开始引进国外的建筑陶瓷生产线,建筑卫生陶瓷进入了规模化、产业化和现代化的发展阶段。经过 20 多年的发展,十五期间建筑卫生陶瓷已经成为佛山市的支柱产业之一。2000 年以后,由于生产扩张、成本上升、资源环境压力和政策因素等,佛山陶瓷企业逐渐开始将生产能力外移,承接地既有省内的河源、清远和肇庆,也有山东、四川、福建等地。清远市是广东省的一个山区地市,近 10 年经济增长速度明显快于广东整体速度。其工业增加值在广东省排名从 2000 年的 19 位、2005 年的 15 位上升至 2010 年的第 10 位,积极承接珠三角产业转移是助其经济腾飞的重要因素。世纪之初,为承接佛山陶瓷产业转移,清远市建成源潭陶瓷工业城,大规模地接纳陶瓷产能转移,至 2010 年已有 10 家陶瓷企业已经建成投产,陶瓷产值达 57 亿元。

本节选取佛山市禅城区陶瓷企业向清远源潭工业园转移的案例,考虑污染控制技术因素,从该产业的大气污染排放对人体健康影响的角度评价其环境费用与效益。

2.1 情景设计

环境经济评价是基于活动或项目导致的环境状况变化,评价该变化造成各种物理影响所导致的环境费用或效益。因而需要确定用以比对的基线情景和比对情景。

2.1.1 基线情景

本文以 2007 年佛山市禅城区以及 2002 年清远市源潭镇的情况作为基线情景。2007 年是佛山禅城区的陶瓷产量是有史以来最大的一年,也是空气污染最为严重的一年。该区 PM_{10} 为 $0.146 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,工业粉尘排放量为 3 250 t。禅城区内共有 115 家陶瓷企业和 188 个喷雾干燥塔。2007 年,佛山市政府实施提升陶瓷产业的政策,要求禅城区在 2007—2009 年逐步淘汰或迁移 90 家重污染陶瓷企业,只保留 25 家具有先进技术、较好经济效应和良好环境表现的企业。于是,本文将禅城区的陶瓷生产能力划分为:①“清洁能力”,即被保留的 25 家陶瓷企业,其生产能力能够达标排放;②“未决能力”,占 2007 年禅城区陶瓷生产总能力的 40%,将被逐步淘汰或

外迁。

基线情景中禅城区 PM_{10} 质量浓度为 $0.146 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,被影响人口 97.2 万人,共有 188 个喷雾干燥塔,其中 85 个装有除尘装置,满足 $100 \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 的排放标准,其余 103 个喷雾干燥塔未配除尘装置,废气中粉尘/颗粒物平均质量浓度为 $180 \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

2002 年,源潭镇开始建设陶瓷产业工业园,最早在 2004 年有陶瓷企业投产。本文将 2002 年的状况设为基线情景:无陶瓷企业, PM_{10} 质量浓度为 $36 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,人口为 9.4 万人。

2.1.2 比对情景

本文设置的比对情景及其环境费用与效益定性分析见表 1。

表 1 四种情景的环境费用和效益

Table 1 Environmental benefits and costs in the four scenarios

情景	产业情况	环境费用	环境效益
情景一	未决能力全部配备除尘技术,无转移	产能配备除尘装置的建设和运行费用	禅城区空气质量改善的人体健康效益
情景二	未决能力全部原样转移至清远	源潭镇空气质量下降导致的人体健康损失	禅城区空气质量改善的人体健康效益
情景三	未决能力全部配备除尘技术后转移至清远	源潭镇空气质量下降导致的人体健康损失+被转移产能配备除尘装置的建设和运行费用	禅城区空气质量改善的人体健康效益
情景四	保证清远空气质量符合二级标准情况下,未决能力配备除尘技术后部分转移至清远	源潭镇空气质量下降导致的人体健康损失+被转移产能配备除尘装置的建设和运行费用	禅城区空气质量改善的人体健康效益

四种情景下所获得的环境效益都是由于陶瓷生产能力迁出,禅城区环境质量改善使得当地居民人体健康状况改善。但是,各种情景下禅城区空气质量改善效果存在差异,导致其环境效益大小不同。一般情况下,通过比对各种情景下获得的环境净效益大小,环境净效益较大的情景更有利于区域整体环境的改善。

2.1.3 污染控制技术

建筑卫生陶瓷生产的工艺流程见图 2。运输、粉碎、配料等环节都会产生近地面的粉尘排放,这些污染排放一般发生在车间里,只影响小范围的空气质量,本文不纳入考虑。陶瓷生产过程中影响空气质量的废气主要源自喷雾干燥及窑炉烧成阶段产生的烟气。其中,燃烧环节的粉尘产生相对较少,假设禅城区所有的陶瓷企业在窑炉环节全部使用柴油,烟尘排放量为 142.8 t,不足禅城区总排放量的 5%^[20-22]。因此,本文主要关注喷雾干燥塔的粉

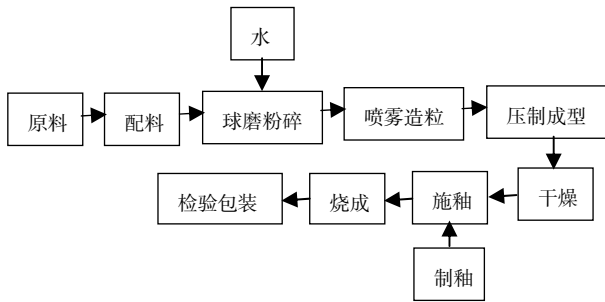


图2 建筑卫生陶瓷产品烧成工艺流程图^[23]

Fig.2 Firing process flow diagram for building and sanitary ceramics

尘排放。

根据2008年国家环保部出台的《<陶瓷工业污染物排放标准（征求意见稿）>编制说明》，“喷雾干燥塔现较为成熟的除尘技术为布袋除尘”，推荐“气箱脉冲袋式除尘+碱液喷淋除尘脱硫系统”治理喷雾干燥塔污染。该工艺的除尘效率≥99%，粉尘排放质量浓度≤100 mg·m⁻³，设备结构简单，运行稳定，维护方便，安装场地不受限制。以3200型喷雾塔治理为例，工程投资为28.10万元，使用寿命为10~12 a，运行费用为17.4元/h，其总费用为15.09万元/a。

2.2 参数及计算方法

2.2.1 环境状况变化——颗粒物质量浓度估计

考虑到陶瓷行业生产及其污染影响的具体情况，本文的环境经济损益分析仅关注陶瓷生产过程的颗粒物排放对人体健康的影响。

佛山市禅城区绝大部分的工业粉尘排放来自陶瓷生产。清远市源潭镇的陶瓷生产也是当地粉尘排放的最大污染源，根据《清远市环境保护规划（2007—2020）》，陶瓷行业的工业粉尘排放占当地排放量的99.5%。根据从佛山和清远环保部门获得的2004-2007年禅城区和源潭镇工业粉尘排放及

PM₁₀质量浓度数据，建立工业粉尘排放量与PM₁₀质量浓度关系模型，见公式（1）和公式（2）。

$$\text{禅城区: } y = 0.1183 \ln(x) - 0.8076 \quad (1)$$

$$\text{源潭镇: } y = 0.0119x^{0.3412} \quad (2)$$

2.2.2 受体识别——研究的空间范围

环境经济评价需要明确活动/项目造成环境影响的范围。佛山市禅城区的绝大部分陶瓷企业位于南庄镇，南庄镇面积为75.75 km²，见图3。佛山常



图3 佛山市禅城区地图

Fig.3 Map of Chancheng District, Foshan city

年风向是9月至3月为东北风和北风，4月至8月为南风 and 东南风。南庄镇位于禅城的南边。佛山市南海区西樵环境监测站位于南庄镇的东南方，监测数据显示，2002-2007年间该站点的PM₁₀年均质量浓度基本稳定，约为0.06 mg·m⁻³。同期，禅城区的PM₁₀年均质量浓度从0.071 mg·m⁻³上升至0.115 mg·m⁻³。这意味着禅城区的陶瓷生产对南海区的影响较小。清远市清城区的源潭镇陶瓷工业园是清远市承接佛山陶瓷转移的产业园，源潭镇面积为228.37 km²，清城区为927 km²，陶瓷工业园坐落在清佛公路沿线，位于源潭镇中心位置，见图4。

基于以上的事实，并考虑研究的可行性，本研究假设：案例中的陶瓷产业转移仅对佛山市的禅城



图4 清远市清城区地图

Fig.4 Map of Qingcheng District, Qingyuan city

区和清远市的源潭镇有环境影响。

2.2.3 剂量反应关系

大气颗粒物主要对呼吸系统和心血管系统产生广泛的健康影响，其污染没有阈值，也就是说，无论空气中颗粒物质量浓度多低，长期或短期的暴露仍会对人体健康有不良影响^[24]。表征颗粒物污染有3个指标：总悬浮颗粒物(TSP, total suspended particles)、可吸入颗粒物(PM₁₀, respirable particles)和超细颗粒物(PM_{2.5}, fine particles)。早期文献多研究TSP和PM₁₀的健康效应，1990年后国外研究者更多地关注超细颗粒物。受监测数据限制，国内文献仍多以TSP和PM₁₀为研究对象。

大多数研究认为颗粒物质量浓度与健康效应存在线性关系，Samoli et al^[25]确认了这种线性关系。本研究采用线性关系的剂量反应关系。经过大量文献调研^[26-39]，本文确定选用的剂量反应关系见表2。表中“系数”的含义是，例如PM₁₀质量浓度每增加1 μg·m⁻³，呼吸系统疾病死亡率将增加0.0408%；TSP质量浓度每增加1 μg·m⁻³，COPD疾病发病率将增加0.2%。

表2 本文选用的剂量反应关系[PM₁₀/TSP (per 1 μg·m⁻³)]

健康效应	污染物	系数	参考文献
死亡率			
呼吸系统疾病死亡率	PM ₁₀	0.0408%	常桂秋等(2003) ^[38]
心脑血管疾病死亡率	PM ₁₀	0.068%	Samet (2000) ^[27]
发病率			
门诊			
内科	TSP	0.022%	阚海东、陈秉衡(2002) ^[34]
儿科	TSP	0.025%	阚海东、陈秉衡(2002) ^[34]
住院			
呼吸系统疾病	PM ₁₀	0.12%	Aunan et al (2004) ^[26]
心脑血管疾病	PM ₁₀	0.07%	Aunan et al (2004) ^[26]
慢性阻塞性肺病(COPD)	TSP	0.2%	井立滨等(2000) ^[39]

2.2.4 货币化——健康影响的环境价值评估

本文采用直接市场评价法对健康影响进行环境价值评估(表3)。假设：①颗粒物污染对人体健康影响没有最低阈值；②颗粒物质量浓度与其对人体健康影响效应之间呈线性关系；③佛山和清远两地的医疗费用一致。

环境状况变化的健康效应(ΔE)计算公式如下：

$$\Delta E = E - E_0 = E_0 \times \beta \times (C - C_0) \times POP \quad (3)$$

(3)式中，C₀和C为陶瓷产业迁移前后的颗粒物质量浓度(即PM₁₀或TSP)；β为表2中的系数，即为剂量反应关系；E₀和E分别为对应于污染物质量浓度分别为C₀和C时的发病率或死亡率情况；POP为人口规模。

表3 各种环境健康效应的货币化方法

Table 3 Valuing methods for the environmental health effects

健康效应	健康效益/损失
死亡率	$HE_a = \Delta E \times HC_a = \Delta E \times YLL \times GDP$
发病率	门诊 $HE_{b1} = \Delta E \times mc_1$
	$HE_{b2} = mc_2 + HC_b$
	$= \Delta E \times mc_2 + \Delta E \times DAY \times GDP / 365$
COPD	$HE_c = YLD \times GDP = \Delta E \times DW \times L \times GDP$

表中，各指标含义如下：

- ◇ YLL (years of lost life) 为生命损失年，呼吸系统疾病和心脑血管疾病的人均损失寿命约为18 a^[40]，本文取YLL为18；
- ◇ GDP为2007年相对地区的人均GDP，2007年禅城区人均GDP为70390元，源潭镇为27106元；
- ◇ mc₁为2006年门诊平均费用¥108.20元(数据来源：《广东省卫生统计信息简本2006》)；
- ◇ mc₂为2006年住院平均费用，呼吸系统疾病为¥3006元，心血管疾病为¥6627元(数据来源：《中国卫生统计年鉴2006》)；
- ◇ DAY是平均住院天数，呼吸疾病为7.9 d，心血管疾病为12 d(数据来源：《中国卫生统计年鉴2006》)；
- ◇ YLD (Years lost due to disability) 为失能寿命损失年；DW (disability weight) 是失能损失系数，取值范围(0, 1)，本文取0.4；L为平均病程，本文取23 a^[41]。

2.3 数据与计算结果

2.3.1 数据

A. 粉尘排放量及环境质量

估算粉尘排放量时，本文假设：①陶瓷企业的生产能力与喷雾干燥塔的数量线性相关，可以用喷雾干燥塔的数据表示陶瓷企业的生产能力；②所有的喷雾干燥塔都是3200型。

根据3200型喷雾干燥塔的废气排放强度及废气中粉尘质量浓度，可计算出：配有除尘设施的喷雾干燥塔每年排放粉尘11.5 t，无除尘设施的年排放量为20.7 t。因此，各种情景下承接地和移出地的粉尘排放情况见表4。

表4 各种情景的粉尘排放和颗粒物质量浓度

Table 4 Dust emissions and particulate matter concentration in different scenarios

情景	禅城区		源潭镇	
	粉尘排放/t	ρ(颗粒物)/ (μg·m ⁻³)	粉尘排放/t	ρ(颗粒物)/ (μg·m ⁻³)
基础情景	3249.5*	146	0	36**
情景一	2301.9	108	0	36
情景二	1117.4	65	2132.1	163
情景三	1117.4	65	1184.5	133
情景四	1789.7	79	512.2	100

注：*数据来源于当地环保局。**2002年陶瓷企业迁入源潭镇前，其TSP质量浓度为60 μg·m⁻³，本文PM₁₀/TSP的比率取0.6计算，得到其PM₁₀质量浓度为36 μg·m⁻³。

B. 人口与卫生数据

假设产业转移前后承接地和迁出地的人口不

变, 禅城区人口为 97.2 万, 源潭镇人口 9.4 万。发病率、死亡率和医疗费用数据主要来自《广东省卫生统计信息简本 2006》, 住院费用数据来自《中国卫生统计年鉴 2006》。

2.3.2 计算结果

计算结果见表 5.6。表 5.6 中可见, 四种情景下的环境净效益皆为正, 意味着陶瓷产业转移从总体上能够产生环境效益。也就是说, 案例中的产业转移使区域总体的环境效应有所改善。

表 5 各种情景不同地区的环境健康费用和效益

健康影响	禅城区			源潭镇		
	情景一	情景二、三	情景四	情景二	情景三	情景四
死亡率						
呼吸系统疾病死亡率	20.99	44.74	37.01	1.86	1.42	0.94
心脑血管疾病死亡率	43.58	92.90	76.84	8.10	6.19	4.08
COPD 门诊	650.35	1,393.61	1,156.18	72.56	55.44	36.62
内科	1.72	3.69	3.06	0.56	0.43	0.28
儿科	0.72	1.53	1.27	0.23	0.18	0.12
住院						
呼吸系统疾病	1.84	3.93	3.25	0.47	0.36	0.24
心脑血管疾病	1.90	4.05	3.35	0.52	0.39	0.26
合计	721.11	1 544.46	1 280.97	84.3	64.41	42.54
人均环境损益/元	741.88	1 588.96	1 317.87	896.78	685.23	452.53
占人均 GDP 百分比	1.05	2.26	1.87	3.31	2.53	1.67

表 6 各种情景不同地区的环境健康费用和效益

情景	人体健康改善:		技术成本	环境净效益
	禅城区	源潭镇		
情景一	721.11	0.00	-15.54	705.57
情景二	1 544.46	-84.3	n/a	1 460.16
情景三	1 544.46	-64.41	-15.54	1 464.51
情景四	1 280.97	-42.54	-15.54	1 222.89

2.4 分析与讨论

(1) 公平与效率原则

本文设计的四个情景中, 环境净效益皆为正, 说明四种情景的安排都有利于区域整体环境的改善。四种情景中, 情景一环境净效益最小, 情景三的环境净效益最大。但仅有情景四, 迁出地和承接地的环境质量同时达到国家二级标准。从发生转移的情景二、三和四来看, 源潭镇的人均环境费用显著低于禅城区的人均环境效益, 但人均环境费用占人均 GDP 比例却较高, 情景二中该比例甚至高达

3.31%。源潭镇人均收入不高、居民生活水平较低, 对于该类地区, 需要考虑其环境损失的承受能力。

因此, 从整体区域的环境管理角度, 产业转移过程中需要同时考虑效率与公平的关系。从效率的角度需要实现环境净效益的最大化。从公平的角度, 应使相关区域的人群享有平等的环境权利, 防止污染向低收入地区聚集的“污染避难所”现象。

(2) 环境效益与费用的差异

佛山市禅城区污染物质量浓度下降的环境健康效益远远大于源潭镇的环境健康损失。在发生产业转移的情景中, 禅城区的环境效益是源潭镇环境损失的 10 倍以上, 甚至达到 30 倍。这种巨大的差距主要源于人口规模和人均 GDP 这两个重要参数。从公式 (3) 和表 4 可以发现, 人口规模和人均 GDP 是所有健康效应损益计算的重要因子。2007 年, 佛山禅城区人口和人均 GDP 分别为 97.20 万人和 70 390 元/人, 源潭镇仅为 9.40 万人和 27 106 元/人。

(3) 受影响人群的范围

产业转移过程往往伴随着资金、技术、人口等的流动。因此, 产业转移前后, 迁出地和承接地的人口规模可能有一定的变化。一般的情况是, 当其他因素不变, 产业迁出地的人口规模可能有所下降, 承接地的人口可能有所增加。即便陶瓷行业的转移使源潭镇人口增长 10%, 那么将使源潭镇的环境健康损失同比例增加 10%; 相应地, 禅城区人口约下降 1%, 其环境健康效益增加 1%。该变化不会使前文的结论有实质性改变。

从地理范围看, 如果产业转移导致的环境状况变化影响的空间范围大于前文的研究范围, 那么无论在迁出地还是承接地, 都将有更多居民的健康受到影响。作为迁出地的佛山市, 其人口密集大约为 2300 人·km⁻², 远高于清远市的平均人口密度 440 人·km⁻²。颗粒物污染质量浓度变化 1 μg·m⁻³, 佛山市发生的死亡或疾病病例数变化将远大于清远的病例数变化。

(4) 环境状况变化的物理影响

陶瓷产业转移的环境影响包括大气、水和固体废物等污染排放对人体健康、工农业生产、生态系统等受体的影响。本文仅考虑大气颗粒物对人体健康的影响, 一方面受到研究条件的限制, 另一方面因为大气污染是陶瓷行业最主要的、备受关注的污染问题。

本案例的陶瓷行业转移可以获得整体区域的环境净效益, 主要是因为通过产业的空间布局改变, 合理利用环境自净能力。大气污染物与水污染物扩散方式不同, 大气污染排放主要影响污染源周边地区, 而水污染物排至水体后, 将随水流扩散, 影响使用该水体的各类受体以及水体内的水生生

态系统。对产业转移水污染问题的环境经济评价,影响空间范围、受体识别、健康效应等诸方面会有一些的差异。

(5) 污染控制技术

从环境损益分析角度,污染控制技术的采用是一个无悔的选择。比如:在情景一,通过技术改造获得的环境效益是技术改造的成本的40倍以上;又如,对比情景二和情景三,采用污染控制技术的情景三所获得的环境净效益高于不采用技术的情景二。采用污染控制技术带来的社会效益远远大于其社会成本。但是,污染控制成本的承担与污染控制环境损益的分配存在失衡现象,对此,公共管理部门可以通过公共政策调整其中的利益关系。

3 结论与建议

3.1 结论

产业转移常常伴随着污染转移。对区域内的产业转移,应综合分析评价产业迁出地和承接地的相关环境影响,在此基础上判断其总体环境效应。由于产业生产的差异性、环境问题的复杂性以及各类环境影响受体的多样性,对不同情景下评价产业转移的环境效应需要解决不同环境影响的可比性问题。环境损益分析是一种可供选择的评价方法,该方法用环境价值评估技术对各类环境影响进行货币化,实现在同一度量基础上定量评价和比较不同情况的产业转移的环境效应。该方法的应用能够为区域优化产业布局与环境保护提供决策参考和评价依据。

广东省内陶瓷产业转移的案例研究发现,产业迁出地和承接地之间存在的社会经济特征差异、具有经济技术可行性的污染控制技术推广以及环境自净能力的合理利用,这些因素的综合作用使产业转移能够实现区域整体的环境净效益大于零,有利于改善区域整体的环境状况。

需要特别指出的是,产业转移的环境效应评价在关注环境资源使用效率的同时,需要关注公平问题。产业转移承接地往往出现环境质量恶化的现象,承接地居民收入较低、地方政府环境保护能力较低导致其污染承受能力较弱。区域层面的政府部门需统筹考虑:如何避免出现“污染避难所”现象、确保承接地居民的基本环境权益?如何调整经济利益和环境利益的分配?

3.2 建议

区域可持续发展需要协调好经济发展和环境保护的关系。区域内产业转移政策的实施应辅以相应的环境治理措施。

(1) 优化产业转移目录。从广东省案例情况看,产业转移的承接地往往经济比较落后,有较强的发

展意愿,但由于财力、管理和技术水平的制约,环境治理能力相对较弱。因此,产业管理部门须制定和优化产业转移目录,一方面要尊重经济发展规律和市场需求,另一方面也应禁止落后工艺的转移和严格管理污染产业转移。

(2) 环境管制。根据区域内各地理单元自然生态条件和社会经济发展状况的差异,进行其环境功能区划。在各地理单元环境功能定位基础上,严格污染物排放总量控制管理。承接地接纳被转移的产业时,应严格执行环境影响评价制度和三同时制度,项目投入运营后强化日常监管和环保执法工作。

(3) 环境信息公开和公众参与。基于对公众知情权的尊重和公众自我保护的需要,政府和企业有必要向公众公开环境质量信息以及相关的环境行为,为公众了解和监督环保工作提供必要的条件。建立环境信息公开和公众参与的制度,有利于推动社会力量参与环境管理和监督。

(4) 污染控制责任和利益调整。我国的法律法规明确进行了污染责任界定,如排污收费、限期治理等制度就是典型的例子。从区域整体而言,区域内的产业转移通过合理利用环境自净能力改善区域整体环境状况。但对于承接地而言,由于其财力、管理和技术条件较差,污染控制能力和环境风险承受能力相对较弱,因此有必要从整体区域的视角,通过环境基本公共服务均等化、环境财政投入倾斜等统筹安排,防止伴随产业迁移的污染转移。

参考文献:

- [1] 胡俊文. 国际产业转移的理论依据及变化趋势: 对国际产业转移过程中比较优势动态变化规律的探讨[J]. 国际经贸探索, 2004, 20(3): 15-19.
- [2] 林先扬. 广东产业结构调整历程与对策探讨[J]. 广东经济, 2010(5): 40-44.
- [3] 何龙斌. 区际产业转移的要素变化与现实表征[J]. 改革, 2012(08): 75-81.
- [4] 夏友富. 外商投资中国污染密集产业现状、后果及其对策研究[J]. 管理世界, 1999(03): 109-123.
- [5] 傅京燕. 国际贸易中“污染避难所效应”的实证研究述评[J]. 中国人口. 资源与环境, 2009, 19(04): 13-18.
- [6] UNEP. Global Environmental outlook: environment for development (GEO 4)[M]. Malta: Progress Press Ltd, 2007: 52-55.
- [7] 舒基元, 杨峥. 环境安全的新挑战: 经济全球化下环境污染转移[J]. 中国人口. 资源与环境, 2003, 13(03): 48-51.
- [8] 曹利军, 李晓明, 韩文辉. 污染转移: 比较优势说误区[J]. 中国人口. 资源与环境, 2003, 13(04): 111-113.
- [9] 杨昌举, 蒋腾, 苗青. 关注西部: 产业转移与污染转移[J]. 环境保护, 2006, 8A(15): 34-38.
- [10] 胥留德. 后发地区承接产业转移对环境影响的几种类型及其防范[J]. 经济问题探索, 2010, 06: 36-39.
- [11] 陈卫, 刘德绍, 李剑. 产业转移的污染防治对策研究[J]. 环境保护, 2012, 09: 48-50.
- [12] 杨海生, 贾佳, 周永章, 等. 贸易、外商直接投资、经济增长与环境污染[J]. 中国人口. 资源与环境, 2005, 15(03): 99-103.
- [13] 李小平, 卢现祥. 国际贸易、污染产业转移和中国工业 CO₂ 排放[J]. 经济研究, 2010(01): 15-26.
- [14] 未良莉, 孙欣, 王立平. 产业转移与环境污染的空间动态面板分析

- [J]. 经济问题探索, 2010(10): 23-27.
- [15] 陈建军. 中国现阶段产业区域转移的实证研究: 结合浙江 105 家企业的问卷调查报告的分析[J]. 管理世界, 2002(6): 64-74.
- [16] PARGAL S, HETTIGE H, SINGH M, et al. Formal and informal regulation of industrial pollution: comparative evidence from Indonesia and the United States[J]. *The World Bank Economic Review*, 1997, 11(3): 433-450.
- [17] 沈芳. 环境规制的工具选择: 成本与收益的不确定性及诱发性技术革新的影响[J]. 当代财经, 2004(6): 10-12.
- [18] 强永昌. 环境规制与比较竞争优势[J]. 世界经济文汇, 2001(1): 25-28.
- [19] 马中. 环境与自然资源经济学概率 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 141-148.
- [20] 贾燕, 尹华, 常瑞, 等. 建筑陶瓷工业的清洁生产[J]. 陶瓷, 2006(7): 49-51.
- [21] 杨柯, 杨芸, 程晓勤. 浅谈佛山禅城区建陶厂粉尘污染的治理[J]. 陶瓷研究, 2004(4): 23-26.
- [22] 钟志楨. 佛山市禅城区陶瓷行业环境污染问题探讨[J]. 环境, 2006(S1): 45-46.
- [23] 陈士明, 殷毅强, 黄希然, 等. 佛山建筑卫生陶瓷产业清洁生产的潜力与途径[J]. 佛山科学技术学院学报: 自然科学版, 2005, 23(1): 45-48.
- [24] WHO. WHO Air quality guideline for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005 - Summary of risk assessment (WHO/SDE/PHE/OEH/06.02), 2005: 9-13.
- [25] SAMOLI E, ANALITIS A, TOULOUMI G, et al. Estimating the exposure-response relationships between particulate matter and mortality within the APHEA Multicity Project[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113(1): 88-95.
- [26] AUNAN K, PAN X C. Exposure-response functions for health effects of ambient air pollution applicable for China - a meta-analysis [J]. *Science of the Total Environment*, 2004, 329: 3-16.
- [27] SAMET J M, DOMINICI F, CURRIERO F C. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities 1987-1994 [J]. *The New England Journal of Medicine*, 2000, 343: 1742-1749.
- [28] DOCKERY D W, POPE C A, XU X P. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities [J]. *New England Journal of Medicine*, 1993, 329(24): 1753-1759.
- [29] POPE C A III, BURNETT R T, THUN M J. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution[J]. *The Journal of the American Medical Association*, 2002, 287(9): 1132-1141.
- [30] LADEN F, NEAS L M, DOCKERY D W. Association of Fine Particulate Matter from Different Sources with Daily Mortality in Six U.S. Cities[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2000, 108: 941-947.
- [31] QIAN Zhengmin, HE Qingci, LIN Hungmo, et al. Association of daily cause-specific mortality with ambient particle air pollution in Wuhan, China[J]. *Environmental Research*, 2007, 105(3): 380-389.
- [32] KAN HAI DONG, LONDON S J, CHEN G H. Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China[J]. *Environment International*, 2007, 33: 376-384.
- [33] 林刚, 都英杰, 田村宪治, 等. 抚顺城区大气悬浮颗粒物污染与呼吸系统疾病死亡率相关性的定量分析[J]. 生态毒理学报, 2007, 2(3): 280-283.
- [34] 阙海东, 陈秉衡. 我国大气颗粒物暴露与人群健康效应的关系[J]. 环境与健康杂志, 2002, 19(6): 422-424.
- [35] 张晓平, 张燕萍, 封宝琴, 等. 太原市大气可吸入颗粒物对心脑血管疾病死亡的影响[J]. 疾病监测, 2007, 22(8): 556-559.
- [36] 戴海夏, 宋伟民, 高翔. 上海市 A 城区大气 PM10、PM2.5 污染与居民日死亡数的相关分析[J]. 2004, 卫生研究, 33(3): 293-297.
- [37] 王慧文, 林刚, 潘秀丹. 沈阳市大气悬浮颗粒物与心血管疾病死亡率[J]. 环境与健康杂志, 2003, 20(1): 13-15.
- [38] 常桂秋, 潘小川, 谢学琴, 等. 北京市大气污染与城区居民死亡率关系的时间序列分析[J]. 卫生研究, 2003, 32(6): 565-568.
- [39] 井立滨, 秦怡, 徐肇翊, 等. 本溪市大气污染与急性慢性呼吸系统疾病的关系[J]. 环境与健康杂志, 2000, 17(5): 268-270.
- [40] 韩明霞, 过孝民, 张衍桑. 城市大气污染的人力资本损失研究[J]. 中国环境科学, 2006, 26(4): 509-512.
- [41] 於方, 过孝民, 张衍桑, 等. 2004 年中国大气污染造成的健康经济损失评估[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(12): 999-1003.

Environmental effect analysis of pollution industry relocation based on human health: a case study of ceramic industry in Guangdong province

LIU Li^{1,2,3,4}, ZHOU Yongzhang^{1,2}, LU Qiang^{1,2}

1. Geography and Planning School of Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Center for Earth Environmental & Resources, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China;

3. College of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China;

4. The Key Lab of Pollution Control and Ecosystem Restoration in Industry Clusters, Ministry of Education, Guangzhou 510006, China

Abstract: Industry relocation is common phenomenon during economic development process. The close connection between industrial production and natural resources and environment decide that the industry relocation will lead to the change of environmental status in related districts. To evaluate the effect of industry relocation to the related districts, a framework with environmental cost and benefit analysis is established in this paper. The ceramic industry relocation in Guangdong Province is studied with the focus on the human health endpoints. The results indicate that industry outflow will reduce the pollutant emission at existing district and induce environmental benefit. On the contrary, environmental cost will occur in the host district because industry inflow brings more pollutant emission. If the net environmental benefit is positive, the industry relocation will improve the whole regional environment. The improvement is benefit from the difference of social and economic characteristics in the host and home district, the application of technically and economically feasible pollution control technologies, and rational usage of the environmental self-cleaning capacity. To promote regional sustainable development, regional industry relocation policies should be accompanied by measures such as optimizing the industry relocation catalogue, strengthening environmental management, establishing system for environmental information disclosure and public participation, and balancing the responsibility and benefit of pollution control.

Key words: pollution-intensive industry; environmental benefit and cost analysis; human health effect; direct market valuation method