

中国产业转移及其环境效应研究

贺灿飞 周沂 张腾

摘要 产业转移正在重塑中国的产业地理格局，同时也推动了环境污染的扩散和转移。作者基于污染转移量的估计方法探讨产业转移的环境效应，利用2003年~2009年全国两位数工业的二氧化硫（SO₂）排放数据和各省份两位数工业数据，估算伴随产业转移的污染产生量及其空间差异和产业差异。研究发现：2003年~2009年，中国产业转移的空间梯度特征明显，产业主要从最发达地区向周边以及中西部地区转移，产业在不同地区的转移导致污染排放在不同地区之间重新分配。同时，污染产生量的空间转移具有明显的梯度特征。在2003年~2009年间，转出污染产生量最多的是上海、浙江、山东和山西等省市，而污染产生量转入最多的省份是山东、江苏、江西和河南。此外，污染产生量的转移具有明显的产业差异，造纸及纸制品业等轻工业的污染产生量主要向内陆地区转移，黑色金属冶炼及压延加工业则主要在沿海地区重新分布。今后中国内陆地区在吸纳沿海地区产业转移的同时，需要最大程度地减少产业转移对生态环境的破坏。

关键词 产业转移 环境效应 污染产生量

[中图分类号] F062.9 [文献标识码] A [文章编号] 2095-851X (2014) 01-0034-16

改革开放以前，出于区域平衡和国防需要，中国在内陆省区布置了大量工业。改革开放以来，中国的工业地理格局发生了重大变化，一方面，在沿海地区高度集聚；另一方面，不断向内陆地区转移（Fan and Scott, 2003；Wen, 2004）。改革开放初期，国家的投资重点迅速转向沿海地区，特别是珠江三角洲地区的崛起，使国家工业经济版图重心转向南方沿海地区。20世纪90年代以来，长江三角洲地区的地位逐渐上升，使得长江三角洲地区和珠江三角洲地区同时成为中国工业中心。特别是中国加入世界贸易组织（WTO）后，沿海地区新一轮的高速发展进一步加剧了沿海和内陆地区之间的经济差异（贺灿飞、谢秀珍，2006）。然而，经济活动在沿海地区的高度集聚引致了诸多问题，包括环境污染、电力短缺、土地供应不足、劳动力成本上升等（蔺雪芹、方创琳，2008；邱风、朱勋，2007；王家庭等，2012）。同时，全球金融危机迫使沿海地区重新思考发展模式。近年来，中国经济空间增长模式呈现出一些新动向，特别是沿海地区产业结构的升级换代特征明显，广东提出了“腾笼换鸟”的模式，安徽、湖南等中西部省份纷纷规划产业转移

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目“中国工业地理格局变化及其环境效应”（批准号：41271130）。

[作者简介] 贺灿飞（1972-），男，北京大学城市与环境学院教授，北京大学林肯研究院城市发展及土地政策研究中心副主任，邮政编码：100871；周沂（1988-），女，北京大学城市与环境学院博士研究生；张腾（1988-），男，北京大学城市与环境学院硕士研究生。

园以吸引来自沿海地区的产业（王缉慈，2010）。

目前，部分企业已经从广东、上海、浙江等沿海省市向江西、湖南、安徽、河南、四川、重庆等中西部省市转移（He and Wang, 2010；范剑勇，2004；冯根福等，2010；陈建军，2002）。这种产业转移虽然有利于转入地的经济发展、就业扩张和税收增加等，但也可能将工业污染扩散到生态脆弱的内陆地区，破坏当地的生态环境，从而降低产业转移的经济贡献，因此，研究产业转移的环境效应尤为重要。本文从中国产业转移出发，估算产业转移过程中污染的转入和转出量，探讨由产业转移带来的污染产生量的空间分布问题。以产业地理空间格局的变化研究环境问题，不仅可以丰富环境问题的研究视角，同时也可制定有针对性的吸纳产业转移政策和区域工业污染治理政策提供有益的思路。

一、文献综述

本文定义的产业转移为各地区产业的实际增长与不产生产业转移的增长间的差距。已有不同理论从多种视角解释了产业转移的模式、时机和行业差别。“雁阵模式”指发达国家和地区将产业以“雁阵”的次序依次传递给较发达和欠发达地区，针对中国工业转移的分析表明：部分制造业企业已经开始从广东、上海、浙江等沿海省市向江西、湖南、安徽、河南、四川等中西部省份转移（He and Wang, 2010；范剑勇，2004；冯根福等，2010；陈建军，2002），产业转移的规模和行业类型正在不断扩大。冯根福等（2010）的研究发现，2004年以来，北京、天津、上海、浙江、广东、福建等省市工业份额存在下降趋势，安徽、江西、湖南、河南、四川等中西部省份的工业份额趋于增加。同时，工业在城市群内部大规模转移，上海和江苏的工业向浙江转移，浙江企业首先选择在省内城市重新布局（范剑勇，2004；陈建军，2002）。广东省政府大力鼓励珠江三角洲地区企业向粤北粤西地区转移（王缉慈，2010）。冯根福等（2010）通过对比1993年~2000年和2000年~2006年中国地区间产业转移特征，发现大多数资源密集型产业和部分技术密集型产业率先发生转移。其中，资源密集型产业大多直接迁往西部地区。范剑勇（2004）发现劳动密集型产业正被挤出上海，浙江成为长江三角洲地区劳动密集型产业的主要转入地。He and Wang（2010）对后WTO时代中国工业空间的分析表明，一些劳动密集型产业由于集聚不经济，率先向中部地区转移。

边际产业扩张论指出，劣势产业应优先转移，其顺序将按照资源和劳动密集型、资本密集型、技术密集型产业依次转移（Kojima, 1978）。从世界经济发展史来看，各国主导产业经历了“纺织工业-钢铁工业-汽车工业-电子工业-生物工程工业”的演变历程。按要素密集程度划分，产业结构则历经了“资源密集型产业-劳动密集型产业-资本密集型产业-技术密集型产业-知识密集型产业”的发展历程（陈计旺，1999）。产品生命周期理论认为，当产品处于成熟阶段时，可以将生产转移到更具有比较优势的国家和地区。在产品生产初期，新产品需要大量知识、技术的投入，而发达地区具有知识和技术的比较优势。随着产品生产技术的成熟，产品的竞争主要体现在生产的竞争，成熟产品的生产主要转移到劳动力成本较低的地区。当生产技术比较成熟时，通过标准化的技术即可完成生产，对资本的要求也开始下降，生产进一步向欠发达地区转移。产品生命周期理论较好地刻画了生产从中心地区向外围地区再向偏远地区迁移的过程。

与此同时,一些研究开始涉及产业转移所带来的经济效应。一部分学者认为,产业转移将带来区域产业规模、技术的变化。例如,陈刚、陈红儿(2001)研究发现产业转移对转入地的影响包括要素注入、技术溢出、关联带动、优势升级、结构优化、竞争引致和观念更新等效应。而要素的注入、技术的溢出将有助于转入地经济的增长。也有学者指出,产业转移将调整区域产业结构。王先庆(1998)认为产业转移不仅会改变转出地的产业结构,同时也会改变转入地的产业结构。然而,产业转移也可能对转入地造成负面影响。例如,在产业转移过程中,一些污染企业的迁入将会破坏转入地的环境,危害区域长远发展(魏后凯等,2010)。现有研究发现了污染密集型产业的转移现象,部分研究证实了污染避难所假设(Cole and Elliott, 2005; Levinson and Taylor, 2008; Xing and Kolstad, 2002),而另一些研究则否认了污染避难所假设(Tobey, 1990; Van Beers and Van Den Bergh, 1997)。

产业转移的环境效应可以分解为规模效应、结构效应和技术效应(Grossman and Krueger, 1995)。规模效应指由于产业转移带来的产业总产出的增加而引起的污染排放的增长;结构效应指产业转移带来区域产业结构的变化从而改变污染的排放,在总产出相同的情况下,污染产业比重较大的区域污染排放总量也会较多;技术效应指产业转移将可能带来区域生产技术和治污技术的改变,从而导致污染排放的变化,生产相同产出所排放的污染物将存在较大的差距。针对产业转移的环境效应,大量学者进行了实证研究。Levinson(2007)将1970年~2002年美国四种工业主要污染物排放量的变化分解为规模效应、结构效应和技术效应,发现三种效应共同导致污染物排放量减少了60%,而规模效应导致污染物排放量增加了87%,结构效应和技术效应分别导致排放量减少了57%和90%。

近年来,中国学者也试图通过分解方法研究中国工业地理变化的环境效应。如张少华和陈浪南(2009)基于1997年~2005年中国33个工业的面板数据研究发现,工业污染变化是规模效应、技术效应、结构效应以及要素禀赋等共同作用的结果。成艾华(2011)对1998年~2008年中国工业SO₂减排的动态效应进行实证研究,结果表明,工业污染减小的主要影响因素为技术效应,而结构效应不太明显。尹向飞(2011)将环境变量引入柯布-道格拉斯生产函数,对1985年~2008年中国第二产业进行分析,发现促使污染密度降低的因素分别为技术效应、资本深化、规模效应和收入效应。唐德才(2009)从工业化、产业结构与环境污染的关系出发,建立行业和区域的面板数据模型,发现了结构效应的重要影响。

由于中国各区域产业基础和结构的差异,产业转移带来的环境效应也具有显著差别。目前,关于中国产业转移带来的环境效应的研究还较少,本文在排除区域产业自身增长的基础上,研究中国产业转移的区域差异,并细分不同工业的转入与转出,研究产业转移过程中带来的污染转入与转出。研究结果将有利于认识转型期中国产业转移的规律特征,也更有助于合理地制定符合区域可持续发展要求的产业转移政策。

二、产业转移引发的污染产生量测算方法

由于区域产业自身的增长会引发一系列的污染产生量变化,因此,在计算产业转移造成的污染产生量时,应排除区域产业自身增长部分所产生的污染。在要素投入给定的情况下,企业的产出增长与企业的生产率增长有关,因此,可假设同产业内的企业技术效率与

全国平均水平相同。由于污染产生强度与技术水平相关，可假设各省市污染产生强度与全国该产业污染产生强度相等。设基期为 $t-1$ 期，地区 i 产业 j 在 $t-1$ 期产出为 $Y_{t-1,ij}$ ，在 t 期产出为 $Y_{t,ij}$ 。各地区产业增长率与全国平均水平相等，即 $Y(0)_{t,ij} = \dot{Y}_{t,j}$ （此处的标记 0 表示未发生转移的假想情况，上标“ \cdot ”表示增长率），产出量为 $Y(0)_{t,ij} = Y_{t-1,ij} \cdot (1 + \dot{Y}_{t,j})$ 。故不发生后产业转移时地区 i 在 t 期的产业总产值为：

$$Y(0)_{t,i} = \sum_j Y(0)_{t,ij} \quad (1)$$

产业 j 在 t 期的污染产生强度为污染产生总量与总产值之比：

$$\tau_{t,j} = P_{t,j}/Y_{t,j} \quad (2)$$

$P_{t,j}$ 表示产业 j 在第 t 期的污染产生量，由于污染产生强度与技术水平相关，此处假设各省份污染产生强度与全国该产业污染产生强度相等。因此，地区 i 产业 j 在 $t-1$ 期的污染排放为 $\tau_{t-1,j} \cdot Y_{t-1,ij}$ ， t 期（不发生后产业转移的相对情况）的污染排放为 $\tau_{t,j} \cdot Y(0)_{t,ij}$ 。故在不发生后产业转移时，地区 i 污染量的总变化为：

$$\Delta P(0)_{t,i} = \sum_j \tau_{t,j} \cdot Y(0)_{t,ij} - \sum_j (\tau_{t-1,j} \cdot Y_{t-1,ij}) \quad (3)$$

将上式按 Grossman 公式（Grossman and Krueger, 1995）粗略分解：

$$\begin{aligned} \Delta P(0)_{t,i} &\approx (Y(0)_{t,i} - Y_{t-1,i}) \sum_j \tau_{t,j} \cdot \frac{Y(0)_{t,ij}}{Y(0)_{t,i}} + Y(0)_{t,i} \cdot \sum_j \tau_{t,j} \cdot \left(\frac{Y(0)_{t,ij}}{Y(0)_{t,i}} - \frac{Y_{t-1,ij}}{Y_{t-1,i}} \right) \\ &\quad + Y(0)_{t,i} \sum_j (\tau_{t,j} - \tau_{t-1,j}) \cdot \frac{Y(0)_{t,ij}}{Y(0)_{t,i}} \\ &= \Delta P(0)_l + \Delta P(0)_s + \Delta P(0)_t \end{aligned} \quad (4)$$

上式的分解即得到产业增长引发的环境效应的规模、结构和技术因素。其与 $\Delta P(0)_{t,i}$ 的比值即表示各因素的作用强度，即 $\Delta P(0)_l/\Delta P(0)$ 、 $\Delta P(0)_s/\Delta P(0)$ 、 $\Delta P(0)_t/\Delta P(0)$ 分别代表产业增长引发的环境效应的规模、结构和技术分量系数。

在不计外资流入的情况下，产业转移表现为各地区各产业实际产出与不发生后产业转移时的理论产出的差。以 $v_{t,ij}$ 表示从 $t-1$ 到 t 期，地区 i 产业 j 的产业转移量，则有：

$$v_{t,ij} = Y_{t,ij} - Y(0)_{t,ij} = Y_{t,ij} - Y_{t-1,ij} - Y_{t-1,ij} \dot{Y}_{t,j} \quad (5)$$

当 $v < 0$ 时，地区 i 转出产业 j ； $v > 0$ 表示地区 i 转入产业 j 。

地区 i 第 t 期的产业转入量为： $I_{t,i} = \sum_j v_{ij}$ ($v_{ij} > 0$) (6)

地区 i 第 t 期的产业转出量为： $E_{t,i} = \sum_j |v_{ij}|$ ($v_{ij} < 0$) (7)

则产业转移量 $v_{t,ij}$ 为：

$$\begin{aligned} v_{t,ij} &= Y_{t,ij} - Y(0)_{t,ij} = \sum_i Y_{t,ij} \frac{(Y_{t,ij} - Y(0)_{t,ij})}{\sum_i Y_{t,ij}} = \sum_i Y_{t,ij} \left(\frac{Y_{t,ij}}{\sum_i Y_{t,ij}} - \frac{Y_{t-1,ij} \cdot (1 + \dot{Y}_{t,j})}{\sum_i Y_{t,ij}} \right) \\ &= \sum_i Y_{t,ij} \cdot \left(\frac{Y_{t,ij}}{\sum_i Y_{t,ij}} - \frac{Y_{t-1,ij} \cdot (1 + \dot{Y}_{t,j})}{(\sum_i Y_{t-1,ij}) \cdot (1 + \dot{Y}_{t,j})} \right) = \sum_i Y_{t,ij} \cdot \left(\frac{Y_{t,ij}}{\sum_i Y_{t,ij}} - \frac{Y_{t-1,ij}}{\sum_i Y_{t-1,ij}} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

净转移量为： $v_{t,i} = \sum_j v_{ij}$ (9)

因此, i 地区 j 产业转移量实际上等于转移前后 i 地区 j 产业占全国 j 产业份额差值与转移后 j 产业总产值的乘积。同时, 此处每一年产业转移后的地方产业结构将是下一年产业转移前的基准条件, 该方法的计算结果与相对份额法的产业转移度量结果具有一致性, 故 t 期地区 i 产业 j 的污染转移量为:

$$\rho_{t,ij} = v_{t,ij} \cdot \tau_{t,j} \quad (10)$$

其中, $\tau_{t,j}$ 是产业 j 在 t 期的污染产生强度, $v_{t,ij}$ 是产业转移的数量 (产出量), 则 t 期地区 i 随产业转移的污染量为:

$$\Delta P(\text{indfix})_{t,i} = \sum_j \rho_{t,ij} \quad (11)$$

由于产业转移以转入、转出分别衡量, 故转入污染总量为:

$$\Delta P(\text{indfix}, \text{im})_{t,i} = \sum_j v_{t,ij} \cdot \tau_{t,j}, (v_{ij} > 0) = I_{t,i} \left(\sum_j \frac{v_{t,ij}}{I_{t,i}} \cdot \tau_{t,j} \right) = I_{t,i} \cdot AI_{t,i}, (v_{ij} > 0) \quad (12)$$

转出污染总量为:

$$\Delta P(\text{indfix}, \text{em})_{t,i} = \sum_j |v_{t,ij}| \cdot \tau_{t,j}, (v_{ij} < 0) = E_{t,i} \left(\sum_j \frac{v_{t,ij}}{E_{t,i}} \cdot \tau_{t,j} \right) = E_{t,i} \cdot AE_{t,i}, (v_{ij} < 0) \quad (13)$$

其中, $I_{t,i}$ 和 $E_{t,i}$ 分别代表转入、转出的经济规模, 而 $AI_{t,i}$ 和 $AE_{t,i}$ 分别是转入、转出的污染系数。因此, 地区 i 污染产生量的转移总量为 $\sum_t \Delta P(\text{indfix})_{t,i} = \sum_t \sum_j \rho_{t,ij}$ 。其中, 转入总量为 $\sum_t \Delta P(\text{indfix}, \text{im})_{t,i}$, 转出总量为 $\sum_t \Delta P(\text{indfix}, \text{em})_{t,i}$ 。

产业转移后, 地区 i 污染产生量的变化为:

$$\Delta P(\text{tran})_{t,i} = P_{t,i} - P_{t-1,i} - \Delta P(0)_{t,i} \quad (14)$$

公式 (14) 表示地区 i 排除产业增长引起的污染量后实际污染产生量的变化, $\Delta P(0)$ 表示区域产业自身增长所引发的环境效应。理论上, 应有 $\Delta P(\text{indefix})_{t,i} = \Delta P(\text{tran})_{t,i}$, 即地区 i 产业转移引起的污染产生量等于排除产业增长引起的污染产生量后实际污染产生量的变化。

三、数据来源及处理

本文数据来自中国工业企业数据库, 此数据库涵盖了所有国有企业和规模以上工业企业, 统计指标包括企业的工业总产值、企业的行业分类、所属地域等。2001 年中国加入 WTO 之后, 外商直接投资 (FDI) 逐年上升, 因此, 本文所有研究均不考虑 FDI 影响。由于行业分类标准的变化, 为保证行业统计的一致性, 本文选取 2003 年 ~ 2009 年时间段, 采用 GB/T 4754 - 2002 的行业分类。另外, 基于全国分行业工业品的出厂价格指数, 将所有的数据调整至 2005 年不变价格水平。本文的污染数据主要来源于历年《中国城市统计年鉴》。

在《中国城市统计年鉴》中仅气体污染物包含去除量的统计,^① 以此可计算污染物产生量, 本文采用气体污染物的产生量衡量产业转移的环境效应。气体污染物主要包括 SO₂

① 去除量是指报告期内企业利用各种废气治理设施去除的气体污染物。

和烟尘，其中烟尘作为黑炭的主要组成部分，除了危害健康以外还是短期气候变化的原因之一（UNEP，2011），其环境效应复杂。另外，电力行业烟尘的排放量较大，为了避免分析烟尘转移时其所占的权重过大（Shaw et al.，2010；Gao et al.，2011），本文选择典型的区域污染物 SO_2 产生量衡量产业转移的环境效应，其影响尺度也接近省区尺度。

企业的污染物排放包括污染物产生和污染物治理两个过程。企业将生产要素加工生产后，在得到最终产出 Y 的同时也产生了副产品污染物 P ， P 即为污染物产生量。污染物产生量 P 经过治理过程去除污染物量 P_r 后得到排入环境的量，即污染物排放量 P_e 。因此， $P = P_r + P_e$ ，即污染物产生量为污染物去除量和污染物排放量的总和。在以下分析中，本文将以污染物产生量 P 而非排放量 P_e 衡量产业转移的环境。

四、中国产业格局变化与污染转移

（一）中国产业转移现状

为较全面地展示中国各省份^①在研究期间产业的总体转移趋势，本文计算出各省份研究期间总的产业转移数量 $\sum I_{t,i}$ （转入）和 $\sum E_{t,i}$ （转出）。由图1可见，2003年~2009年间，产业主要转出地是上海、广东、浙江、北京、山东和江苏，而主要转入地为山东、江苏、辽宁、河南和四川。从全国来看，东部发达地区如北京、上海、广东和浙江等省市的产业转出成为其产业调整的主要趋势，产业转出数量远远大于转入数量。而内陆地区的内蒙古、河南、四川、安徽、江西、湖南等省区，产业转入数量远远大于转出数量。沿海地区的江苏、辽宁、山东、福建等省份，产业转出和转入量都比较大，说明这些地区正在经历着较为剧烈的产业结构调整。山西和黑龙江两省较为特殊，均出现了产业转出态势，这可能与其采掘业在全国份额的下降有关系。

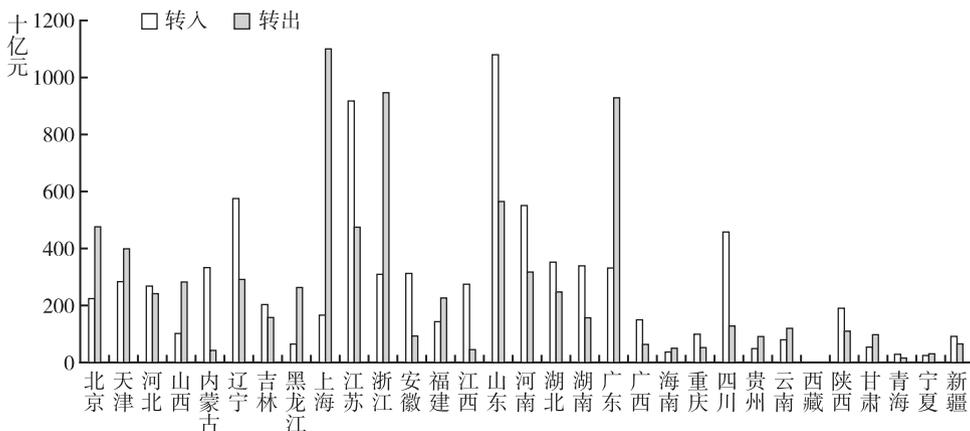


图1 2003年~2009年中国各省份产业转入和转出量

根据产业转移理论，产业从经济中心向外围和边缘地区依次转移。首先发生转移的产业应当是资源密集型产业，之后是劳动密集型、资本密集型和技术密集型产业依次发生转

① 本文研究范围仅限于中国大陆地区各省市自治区，不包括台湾省、香港和澳门特区，下同。

移。下文具体对产业转入和转出进行细分,由于篇幅的关系,本文重点分析转移份额较大的几个省份。由表1可知,上海转出产业主要为生产工艺较为成熟,且占全国工业份额较高的工业,如交通运输、冶金、电气、设备制造等,其中不乏污染严重的黑色冶金、化工、石化、食品、纺织等工业;转入产业总量和类型均较少,以电力、热力的生产和供应为主,而这类工业也主要用以满足城市经济活动的电力需求为主。江苏转入和转出的产业均较多,除通信设备、计算机及其他电子设备制造业外,转入的产业大多为重工业,如电气机械及器材制造业、交通运输设备制造业、黑色金属冶炼及压延加工业等。污染强度很高的化学原料及化学制品制造、有色金属冶炼及压延加工等也有大量转入;除了通用设备制造业外,转出产业以轻工业为主,如纺织业、塑料制品业和皮革、皮毛、羽毛(绒)及其制品业等,这部分产业污染较为严重。江西和四川的转入产业远多于转出产业,转入产业以设备制造、冶金等重工业为主;所不同的是,四川省转入份额中轻工业占比较高。

表1 2003年~2009年中国部分省市产业转移情况

省/市	转入	转出
上海	电力、热力的生产和供应业(0.1378%),烟草制品业(0.0377%)	交通运输设备制造业(-3.5052%),黑色金属冶炼及压延加工业(-2.9122%),通用设备制造业(-1.5608%),电气机械及器材制造业(-1.2849%),金属制品业(-1.0097%),通信设备、计算机及其他电子设备制造业(-0.9433%),石油加工、炼焦及核燃料加工业(-0.8607%),化学原料及化学制品制造业(-0.7552%),纺织业(-0.7329%),非金属矿物制品业(-0.6644%),纺织服装、鞋帽制造业(-0.532%)
江苏	通信设备、计算机及其他电子设备制造业(5.1228%),电气机械及器材制造业(2.3821%),交通运输设备制造业(1.8371%),黑色金属冶炼及压延加工业(1.3956%),仪器仪表及文化、办公用机械制造业(0.9342%),化学原料及化学制品制造业(0.868%),纺织服装、鞋帽制造业(0.582%),有色金属冶炼及压延加工业(0.4283%)	通用设备制造业(-1.2284%),纺织业(-0.7471%),塑料制品业(-0.4851%),金属制品业(-0.4462%),农副食品加工业(-0.4437%),皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业(-0.4272%),食品制造业(-0.3555%),非金属矿物制品业(-0.334%),煤炭开采和洗选业(-0.2361%)
江西	有色金属冶炼及压延加工业(0.9613%),电气机械及器材制造业(0.6539%),非金属矿物制品业(0.4609%),化学原料及化学制品制造业(0.4094%),纺织业(0.2946%),通信设备、计算机及其他电子设备制造业(0.2766%),纺织服装、鞋帽制造业(0.2621%),农副食品加工业(0.2431%)	交通运输设备制造业(-0.2010%),黑色金属冶炼及压延加工业(-0.1099%)
四川	通用设备制造业(0.6871%),农副食品加工业(0.5727%),非金属矿物制品业(0.4246%),煤炭开采和洗选业(0.3943%),金属制品业(0.3915%),塑料制品业(0.2929%),纺织业(0.2922%),专用设备制造业(0.2813%),通信设备、计算机及其他电子设备制造业(0.2653%),皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业(0.2622%),石油和天然气开采业(0.2553%),饮料制造业(0.2313%),化学原料及化学制品制造业(0.2254%),电气机械及器材制造业(0.2155%)	黑色金属冶炼及压延加工业(-0.4038%),有色金属冶炼及压延加工业(-0.207%)

注:括号中数字为转移量占全国总转移量的份额。

(二) 产业增长引起的污染变化

由于产业增长率和排放强度具有行业差异，加上各地区产业结构不同，研究分行业产业增长造成的环境效应，将更有利于理解产业转移引起的污染产生量的空间分异。图2和图3分别为2003年、2006年和2009年主要工业行业SO₂产生总量和产生强度。总体而言，各行业在研究期间的污染产生强度均出现了下降。按污染产生强度计算，污染强度最大的行业包括电力、热力的生产和供应、有色金属冶炼及压延加工、有色金属矿采选、非金属矿物制品、石油加工炼焦及核燃料加工、造纸及纸制品业、化学原料及化学制品制造业等。由于电力、热力的生产和供应行业产值过大，图2和图3未包含该行业。2003年，电力、热力的生产和供应产生SO₂达969万吨，占当年全国SO₂总产生量的60%。除此以外，有色金属冶炼及压延加工、石油加工炼焦及核燃料加工、化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品、造纸及纸制品业、有色金属采选和纺织也是SO₂产生量较大的行业。这七个行业与电力行业污染产生总量占全国的95%以上。

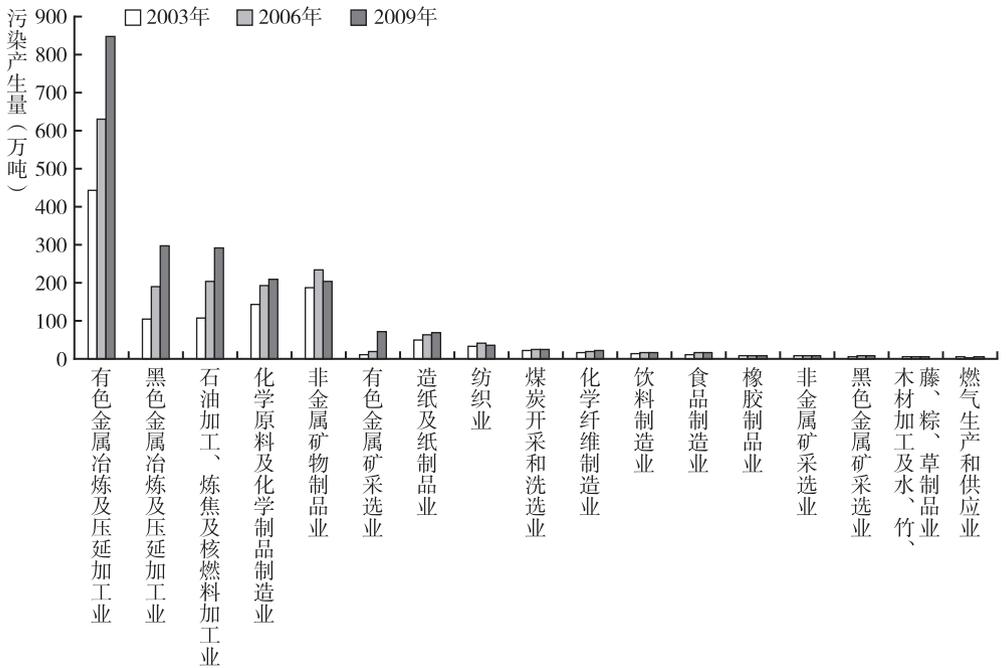


图2 2003年、2006年和2009年主要污染行业的污染产生量 (SO₂)
(不包含电力、热力的生产和供应行业)

在不考虑产业转移的情况下，将产业增长引起的环境效应的差异分解为产业规模、结构和污染强度差异。同时，假设全国各产业内技术不存在空间差异，则污染强度及变化也可考虑为不存在空间差异。虽然各省份产出总量各不相同，但产出的增大对环境污染的影响方向是恒定的。在产业结构和生产技术不变的前提下，产出增大，则污染增大。因此，省份间的产业结构差异是产业增长环境效应空间差异的最主要因素，并取决于各省份基期的产业结构。按照上文的分解方法进行计算，以2009年为例，图4表示2008年~2009年各省份因产业增长引发的环境效应 $\Delta P(0)_{t,i}$ 和结构因素所占的比例，即 $\Delta P(0)_{t,i} / \Delta P(0)_{t,i}$ 。

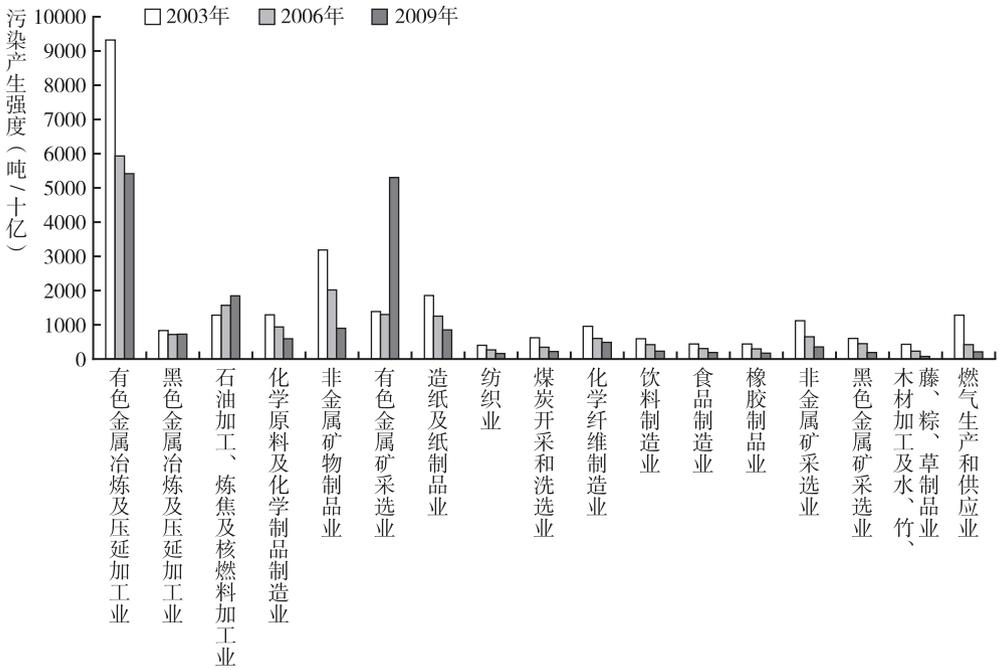


图3 2003年、2006年和2009年主要污染行业的污染产生强度 (SO₂) (不包含电力、热力的生产和供应行业)

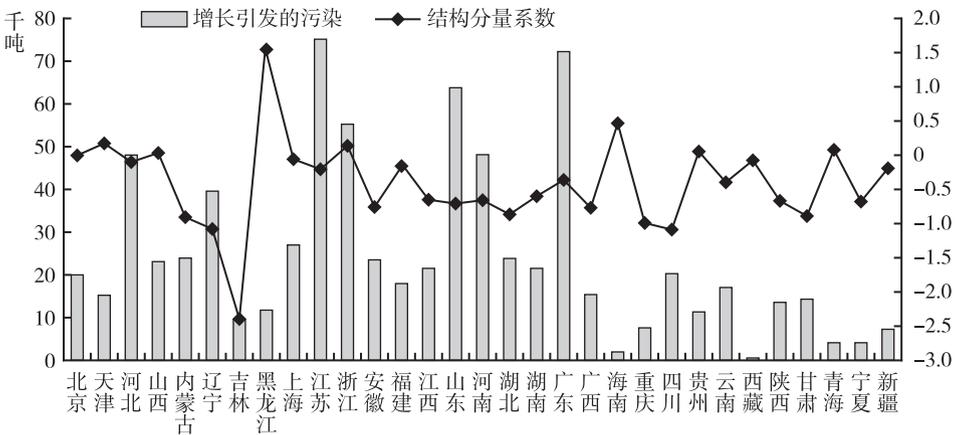


图4 2008年~2009年各省份产业增长引发的环境效应和结构分量系数

环境效应的大小与各省份经济总量密切相关。江苏、浙江、山东和广东的经济总量位居全国前列，四个省份因产业增长每年新增产生5.5万吨SO₂。此外，河南、河北、辽宁等省份因产业增长也新增产生大量SO₂，这主要与上述省份的产业结构有关。上述省份不仅拥有较大的经济规模，同时产业结构中污染型行业的比重也相对较大。然而，各省份产业结构变化对其污染增长的贡献各不相同，结构分量系数 $\Delta P(0)_s / \Delta P(0)_{t,i}$ 小于0，说明在总体增长的过程中，产业结构有利于环境改善；大于0则说明在总体增长的过程中，

产业结构不利于环境改善。2008年~2009年大多数省份结构系数为负，仅有天津、山西、黑龙江等少数省市的系数为正，说明其产业结构中污染强度高的行业比重较大，且这些污染行业具有较高的增长率。

(三) 随产业转移发生的污染转移

为了分析研究期间污染转移总量情况，本文计算 $\sum_i \Delta P(indfix, im)_{t,i}$ 和 $\sum_i \Delta P(indfix, em)_{t,i}$ ，得到历年污染转入总量和污染转出总量。由于电力、热力的生产和供应行业污染产生量远远超过其他行业，行业内部污染产生强度差异巨大，较难满足严苛的假设，因此，为防止电力、热力的生产和供应行业权重过高带来分析结果的偏差，本文的总转移不包括电力行业转移对各地区污染产生量的影响。各地区污染转移数据采用2003年~2009年各行业的加总。

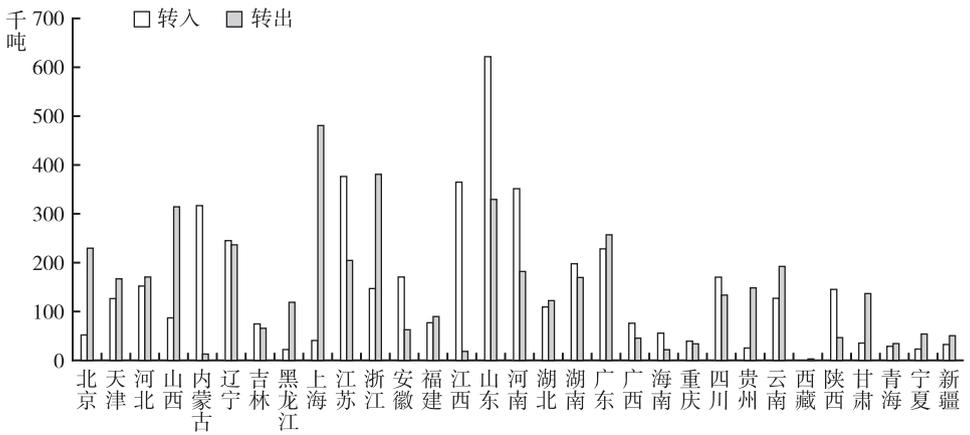


图5 2008年~2009年各省份产业转移带来的污染产生量转移

据图5可知，研究期间上海、浙江、山西、山东、广东和北京等省市的污染产生量转出最多，大多为经济体量巨大、产业结构调整明显的省市。山西省污染转出量较多，主要是因为产业结构调整过程中，采掘业所占份额不断下降。山东、江西、河南、江苏、内蒙古和广东等省区污染转入量较多。改革开放以来，山东省的产业结构主要以重工业为主，而随着新一轮产业结构的调整，山东省作为产业转入的重要省份，其转入的产业主要以化学原料及化学制品制造、纺织、交通运输设备制造、石油加工、炼焦及核燃料加工等污染密集型产业为主。江西、河南主要承接东部沿海地区的产业转移，其中非金属矿物制品、有色金属冶炼及压延加工等污染排放大的产业转入比重较大。就全国来看，北京、上海、浙江等省市污染转出量远远高于转入量，体现了较为明显的产业结构调整方向。

将污染转出量减去转入量，得到研究期间污染净转移量。由图6可以看出，污染转移具有明显的梯度特征。处于第一梯度的浙江、广东、福建、天津和北京等省市净转出量大于净转入量，表现为污染的净转出；第二梯度的广西、湖南、四川、重庆、江西、河南、辽宁等省市表现为污染的净转入；第三梯度的贵州、云南、宁夏、甘肃、青海等省区表现为污染的净转出，相对于第二梯度省市，第三梯度的产业转移规模较小，污染转入量也

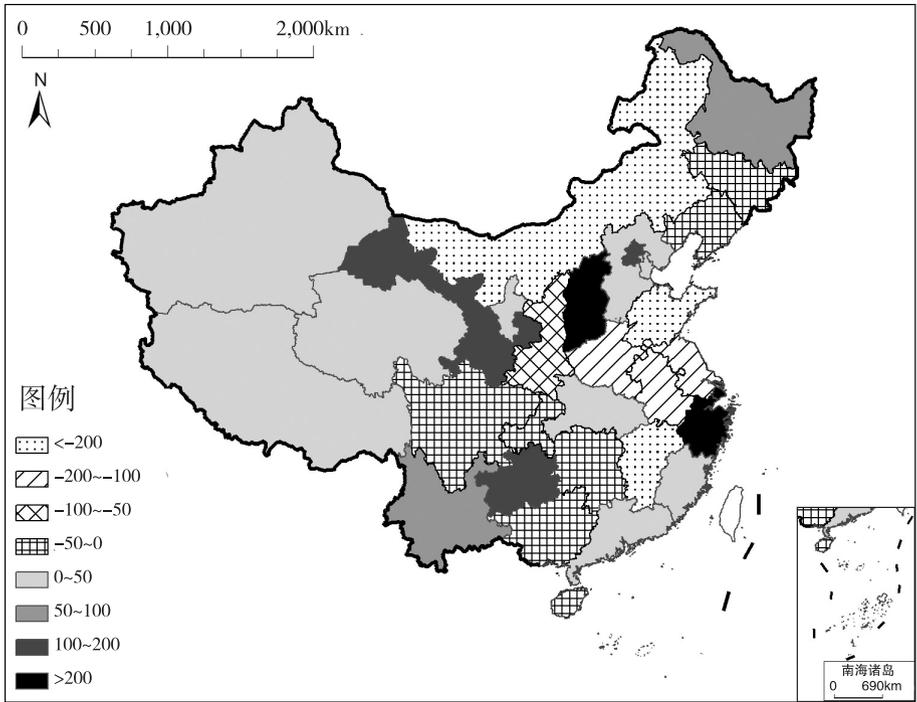


图6 2003年~2009年各省份污染净转移量分布图(单位:千吨)

较小。

由于各行业污染强度存在差异,因此,下文分别选取造纸业、石油加工、炼焦及核燃料加工、化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品和黑色金属冶炼及压延等典型行业进行分析,分别计算其在研究期间的污染转移情况。

(四) 各行业随产业转移的污染

造纸业是污染型轻工业的代表,污染主要从浙江、上海、广东和黑龙江等省市转出,向河南、湖南、四川等中西部大省和辽宁等地转入。污染转移也体现了各省份产业结构调整的方向,例如,广东省污染密集型产业转出的趋势明显。改革开放以来,珠江三角洲地区的“三来一补”政策,吸引了大量污染密集型企业入驻。随着珠江三角洲地区经济的迅猛发展,人们对工业污染危害和环境保护的重视程度骤增,政府也不断加大环保工作力度,通过“腾笼换鸟”等产业转型升级政策将重度污染企业外迁或关闭。在此背景下,造纸业正是需要迁出的产业之一。

石油加工、炼焦及核燃料加工业和化学原料及化学制品业的污染转移轨迹类似,污染主要随着辽宁、上海、黑龙江的石油加工、炼焦及核燃料加工以及广东、北京、天津的化学原料及化学制品业的转出而转出。山东是传统工业大省,纺织、机械、化工、冶金、建材是传统优势产业,在全国经济转型、发达省份产业结构不断调整的过程中,承担了大量污染产业的转入,尤其是纺织、石油加工、炼焦及核燃料加工、化学原料及化学制品、非金属矿物制品和黑色金属冶炼等高污染行业转入较多,产业大量转入的同时也带来了大量

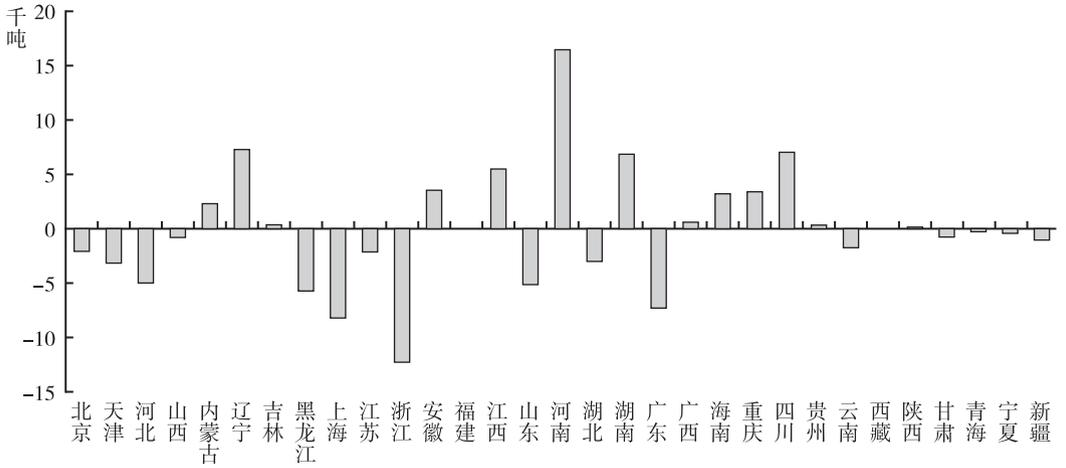


图7 2003年~2009年各省份随造纸业转移的污染量

的污染。海南省也有大量石油加工、炼焦及核燃料加工污染的转入。近年来，海南省开始着力发展石化产业，一批重大石化项目已经建成投产，尤其是东方工业区已形成海南第二个油气化工产业园区，石化工业份额不断增加。

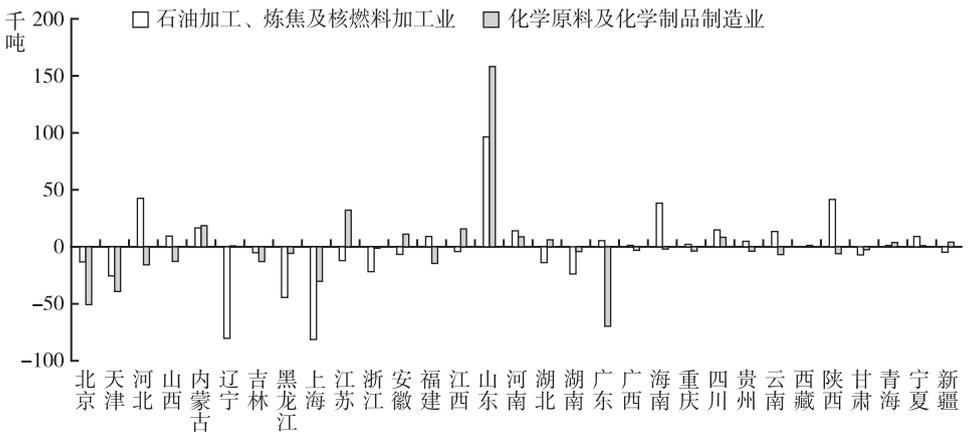


图8 2003年~2009年各省份随石油加工、炼焦及核燃料加工和化学原料及化学制品制造业转移的污染量

非金属矿物制品业包括水泥、石灰和石膏的制造等，是污染转移量较大的行业，外资比重较低，污染强度大，技术水平差距小，因此，针对非金属制品业的分析也更贴近实际。研究期间，非金属制品业的主要转出省市有广东、上海、江苏和浙江等，转入省份主要是河南、辽宁等，该工业空间格局的调整也体现了全国工业调整的主要方向。黑色金属冶炼及压延的污染转移趋势和非金属制品不同，污染主要从上海、北京和山西等传统钢铁生产省市转出，转向河北、天津和江苏等沿海省市。黑色金属冶炼及压延尤其是钢铁产业的布局受原材料进口以及市场等因素影响较大（陆大道，1990；徐康宁、韩剑，2006），

因此,钢铁企业主要从上海、北京等城市转出,向江苏、河北等具有良好港口交通条件的省份转入,体现了行业特性对产业转移的影响,见图9。

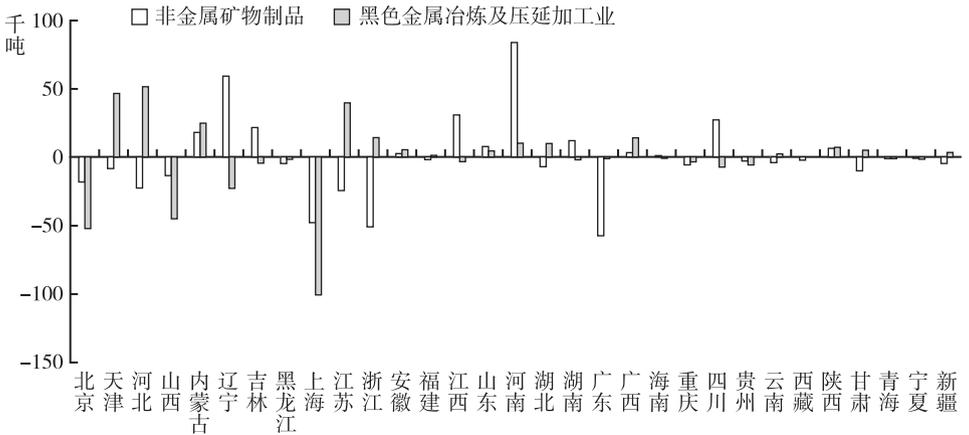


图9 2003年~2009年各省份随非金属矿物制品和黑色金属冶炼及压延加工业转移的污染量

五、结论与启示

本文基于2003年~2009年全国两位数工业的污染数据和各省份两位数工业总产值,研究产业转移带来的污染产生量及其空间和行业差异。在排除区域产业增长带来的环境污染后,计算各省份产业转移以及相伴随的污染转移。研究得到以下结论:首先,2003年~2009年,中国各省份正在经历较为剧烈的产业结构调整,产业转移的空间梯度特征明显,产业主要从最发达地区向周边以及中西部地区转移。其次,目前产业增长带来的环境污染主要受产业规模的影响,污染较多集中在沿海产业规模总量较大的发达地区。各省份产业结构变化对污染增长的贡献各不相同。再次,产业在不同地区的转移促使污染产生量在不同地区之间重新分配。与产业转移特征相同,污染转移也具有空间梯度特征。2003年~2009年,上海、浙江、山东和山西等省市的污染转出量最多,而山东、江苏、江西和河南等省份的污染转入量最多。最后,不同产业污染转移的目的地不同,造纸等较为轻型的工业主要向内陆地区转移,而石油加工、炼焦及核燃料加工和黑色金属冶炼及压延加工等工业则更多的是在沿海地区重新分布。

总的来说,近年来,中国产业空间格局进行了较为明显的调整,而伴随着产业结构调整,产业转移也带来了污染的重新分配。在经济转型的关键时期,伴随着产业转移带来的工业污染开始扩散到生态脆弱的内陆地区。以污染转移为目的的产业转移不仅降低了对当地的经济贡献,也不利于经济的可持续发展。因此,结合当地实际,在产业转移过程中,转入地政府应提高环保意识,加大环境管理力度,促进企业通过技术创新降低对环境的影响,避免重蹈先污染后治理的覆辙以及使省份间产业转移成为“污染避难所”的新途径。另外,从长远来看,各地区应该建立合理的污染企业退出、转型机制,政府应通过产业升级促使产业向产业链和价值链高端发展,以产业升级促进产业结构的调整。

本文从产业格局变化来研究产业转移带来的环境效应，但环境效应不仅仅是一种或者几种产业转移所带来的污染物排放的结果，还包括土地污染、植被破坏、资源滥采、气候变化等。在当今的制度安排和时代背景下，工业污染排放引发的环境效应仍是环境问题的重要内容，也将持续的成为环境经济学和经济地理学的重要议题，对这一议题的理解也有利于从可持续发展的视角认识产业转移所带来的问题。受制于数据可获得性，本文对产业的划分较为粗略，忽略了两位数行业内部各行业的差异，需要今后进一步探索。

参考文献

- 陈刚、陈红儿（2001）：《区际产业转移理论探微》，《贵州社会科学》第4期。
- 陈计旺（1999）：《区际产业转移与要素流动的比较研究》，《生产力研究》第3期。
- 陈建军（2002）：《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》，《管理世界》第6期。
- 成艾华（2011）：《技术进步、结构调整与中国工业减排——基于环境效应分解模型的分析》，《中国人口·资源与环境》第3期。
- 范剑勇（2004）：《长三角一体化、地区专业化与制造业空间转移》，《管理世界》第11期。
- 冯根福、刘志勇、蒋文定（2010）：《我国东中西部地区间工业产业转移的趋势、特征及形成原因分析》，《当代经济科学》第2期。
- 贺灿飞、谢秀珍（2006）：《中国制造业地理集中与省区专业化》，《地理学报》第2期。
- 蔺雪芹、方创琳（2008）：《城市群地区产业集聚的生态环境效应研究进展》，《地理科学进展》第3期。
- 陆大道（1990）：《中国工业布局的理论与实践》，北京：科学出版社，第33页。
- 邱风、朱勋（2007）：《电力短缺对浙江产业集聚影响的实证研究》，《浙江学刊》第2期。
- 唐德才（2009）：《工业化进程、产业结构与环境污染——基于制造业行业和区域的面板数据模型》，《软科学》第10期。
- 王缉慈（2010）：《超越集群——中国产业集群的理论探索》，北京：科学出版社，第146~150页。
- 王家庭、曹清峰、田时嫣（2012）：《产业集聚、政府作用与工业地价：基于35个大中城市的经验研究》，《中国土地科学》第9期。
- 王先庆（1998）：《产业扩张》，广州：广东经济出版社，第20~27页。
- 魏后凯、白玫、王业强（2010）：《中国区域经济的微观透析：企业迁移的视角》，北京：经济管理出版社，第70页。
- 徐康宁、韩剑（2006）：《中国钢铁产业的集中度、布局与结构优化研究——兼评2005年钢铁产业发展政策》，《中国工业经济》第2期。
- 尹向飞（2011）：《技术效应、资本深化、规模效应和收入效应对环境影响的研究——基于1985-2008年第二产业数据的实证分析》，《中国科技论坛》第5期。
- 张少华、陈浪南（2009）：《经济全球化对我国环境污染影响的实证研究——基于行业面板数据》，《国际贸易问题》第11期。
- Akamatsu, K. (1935). Waga kuni yomo kogyohin no susei. *Shogyo Keizai Ronso*, 13.
- Akamatsu, K. (1937). Waga kuni keizai hatten no sogo bensho. *Shogyo Keizai Ronso*, 15.
- Cole, M. A. and R. J. R. Elliott (2005). FDI and the Capital Intensity of “Dirty” Sectors: A Missing Piece of the Pollution Haven Puzzle. *Review of Development Economics*, 9(4).
- Fan, C. C. and A. J. Scott (2003). Industrial Agglomeration and Development: A Survey of Spatial Economic Issues in East Asia and a Statistical Analysis of Chinese Regions. *Economic Geography*, 79 (3).

- Gao, H., J. Chen, and B. Wang (2011). A Study of Air Pollution of City Clusters. *Atmospheric Environment*, 45(18).
- Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2).
- He, C. and J. Wang (2010). Geographical Agglomeration and Co-agglomeration of Foreign and Domestic Enterprises: A Case Study of Chinese Manufacturing Industries. *Post-Communist Economies*, 22 (3).
- Kojima (1978). *Direct Foreign Investment: A Japanese Model of Multinational Business Operations*, London: Croom Helm.
- Levinson, A. (2007). *Technology, International Trade, and Pollution from U. S. Manufacturing*. National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w13616>.
- Levinson, A. and M. S. Taylor(2008). Unmasking the Pollution Haven Effect. *International Economic Review*, 49(1).
- Shaw, D., A. Pang, and M. F. Hung et al. (2010). Economic Growth and Air Quality in China. *Environmental Economics Policy Studies*, 12(3).
- Tobey, J. A. (1990). The Effects of Domestic Environmental Policies on Patterns of World Trade: An Empirical Test. *Kyklos*, 43(2).
- UNEP (2011). *Near-term Climate Protection and Clean Air Benefits: Actions for Controlling Short-Lived Climate Forcers*. United Nations Environment Programme Uairobi. http://www.unep.org/pdf/near_Term_Climate_Projection_&Air_Benefits.pdf.
- Van Beers, C. and J. C. J. M. van den Bergh (1997). An Empirical Multi-country Analysis of the Impact of Environmental Regulations on Foreign Trade Flows. *Kyklos*, 50(1).
- Virkanen, J. (1998). Effect of Urbanization on Metal Deposition in the Bay of Toolonlahti, Southern Finland. *Marine Pollution Bulletin*, 36(9).
- Wen, M. (2004). Relocation and Agglomeration of Chinese Industry. *Journal of Development Economics*, 73(1).
- Xing, Y. and C. D. Kolstad (2002). Do Lax Environmental Regulations Attract Foreign Investment? *Environmental and Resource Economics*, 21(1).

Industrial Transfer and Its Environmental Effect in China

HE Can-fei^{1,2}, ZHOU Yi^{1,2}, ZHANG Teng¹

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China.

2. Center for Urban Development and Land Policy, Peking University-Lincoln Institute, Beijing 100871, China)

Abstract: In the period of economic transformation, industrial transfer is reshaping industrial geography of China, which is promoting the diffusion and transfer of environmental pollution. The transfer pollutants such as SO₂, Soot, are the main side product in a production process. As industry transferring to other places, pollution would be diffused or transferred at the same time. In the past decades, Chinese industries have started to move from the coast area to the inland. The amount of pollution transfer associated with industrial transfer is hard to estimate. In this paper, we suggest that the intensity of pollution of each industry maintain the same among provinces in the same year and develop a method to estimate the pollution associated with industry transfer. Through the method, this paper explores the environmental effects on the industrial transfer. Based on the SO₂ emissions data and output data of two-digit industry sectors on

province, this paper estimate the pollution alongside the industrial transfer and the space and industrial difference. Taking SO₂ emission as the example, our estimation shows that pollution intensity differs significantly across industries, with the electric power generation topping the list. During 2003 ~ 2009, the production of SO₂ emission is mainly transferred from Guangdong, Shanghai, Heilongjiang and Shanxi to Inner Mongolia, Anhui and Jiangxi. Industries produce both products and pollution. Heavy pollution and capital intensive industries mainly moved to other coastal provinces. Pollution intensive light industries i. e. paper making and textile mainly transferred to the inland provinces. This article reveals that we need to control the damage of ecological environment during the industrial transfer.

Key Words: industry transfer; environmental effect; pollution production

责任编辑：武占云

2014 年中国区域科学协会年会（RSAC' 2014）： “推动长江经济带建设为核心——创新、集聚与区域发展” 主题研讨会将在武汉召开

为进一步推动区域科学理论、方法与实践发展，促进全国区域科学研究与实际工作者的交流，中国区域科学协会和武汉传媒集团《支点》杂志社将于2014年10月18日至19日在中国地质大学（武汉）召开2014年中国区域科学协会学术年会——RSAC' 2014。会议以“推动长江经济带建设为核心——创新、集聚与区域发展”为主题，以区域发展创新中的理论与实践等相关内容为重点，分10个分论坛进行研讨。研讨会邀请了国内外区域科学、城市科学、经济科学、管理科学、政策科学等相关领域的专家、学者以及从事城市与区域管理工作的政府和企事业单位领导，共同探讨新时期国家创新、集聚与区域发展的理论和实践问题，力图为推进新型城镇化建设、促进区域经济协调发展而努力。