



经济经纬
Economic Survey
ISSN 1006-1096, CN 41-1421/F

《经济经纬》网络首发论文

题目：产业分工、环境污染与区域经济发展——基于长江经济带重化工产业的实证
作者：董昕灵，张月友
DOI：10.15931/j.cnki.1006-1096.20200420.003
收稿日期：2019-05-20
网络首发日期：2020-04-20
引用格式：董昕灵，张月友. 产业分工、环境污染与区域经济发展——基于长江经济带重化工产业的实证. 经济经纬.
<https://doi.org/10.15931/j.cnki.1006-1096.20200420.003>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

产业分工、环境污染与区域经济发展

——基于长江经济带重化工产业的实证

董昕灵^{1,2}, 张月友¹

(1. 南京大学 经济学院, 江苏 南京 210093;

2. 江苏开放大学 商学院, 江苏 南京 210036)

摘要: 在长江经济带严重的“重化工围江”背景下, 为将环境修复与经济发展同时兼顾, 通过借鉴投入产出分析思路, 采用长江经济带11省市2005—2016年面板数据, 分析了该区域分工、污染与经济的总体特征, 并应用空间面板杜宾模型考察重化工业分工水平对地区环境污染与经济的双重影响。结果表明: 经济带中游已经摆脱了与上游基本重合的区域分工角色, 不断向下游贴近; 经济带的重化工业分工、环境污染和经济发展均存在空间依赖性; 中上游地区重化工分工水平的降低促进了地区污染水平下降, “污染转移”并未随着经济带内重化工产业的转移而发生; 地区重化工业分工弱化会带动地区在经济带中经济规模比重的提升。

关键词: 重化工业; 长江经济带; 产业分工; 环境污染; 空间面板杜宾模型

基金项目: 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(16JJD790023); 江苏省高校哲学社会科学研究基金项目(2017SJB0581)

作者简介: 董昕灵(1983—), 女, 江苏连云港人, 博士研究生, 讲师, 主要从事产业经济、绿色经济研究; 张月友(1978—), 安徽安庆人, 博士, 副研究员, 主要从事产业经济、服务经济研究。

中图分类号: F42 **文献标识码:** A **收稿日期:** 2019-05-20

一、问题提出

经过多年经济效益当先的大发展, 加之拥有天然良好的内河航道, 使长江经济带面临严重的“重化工围江”局面, 对流域的生态环境造成了严重破坏, 这与全球致力的环境保护与可持续发展背道而驰, 因此, 中国中央政府于2016年提出把修复长江生态环境摆在压倒性位置, 对长江经济带共抓大保护, 不搞大开发。这一政策的落实将直接引发经济带内重化工业在空间上的重新布局与发展方式上的根本转变, 形成新的产业区域分工格局, 但如何将中央政府关注的环境修复问题与地方政府关注的经济发展问题同时兼顾, 需要首先厘清重化工业的产业区域分工与环境污染、地区经济发展间的关系。

关于产业分工程度, 樊福卓(2007)、梁琦(2004)、陈建军等(2009)相继运用1980—2007年各阶段的数据证实了中国地区专业化程度在不断提高, 其中也包括属于长江经济带的长江三角洲地区(范剑勇, 2004), 但是沈剑飞(2018)证实中国的区域间分工深度在“入世”及“次贷危机”之后出现了下降。黎峰(2016)进一步说明中国大体形成了西部地区占据上游、中部地

区位居中游、沿海地区位居下游的国家价值链分工格局。成艾华和喻婉(2018)认为 2006 年后的长江经济带处于一体化由中级向高级阶段迈进的前期，地区专业化指数在降低。

关于区域分工与环境污染，一种研究视角是从全球开放经济层面，探讨国际分工与环境污染的“空间转移”：陆旸(2012)通过文献回顾认为国际分工作为主要原因，使“南—北”之间存在了多纬度的“环境不平等”，即“穷国”将成为污染品的净出口国；而“富国”将成为污染品的净进口国；向永辉等(2018)也认为低收入地区有更低的环境规制强度，更易于沦为污染避难所。但戴翔(2010)认为对于发展中国家来说，融入全球生产网络下的产品内分工体系，其比较优势会体现在某些结构层次更高的产品生产阶段上，进而参与产品内分工所进行的生产环节便是相对清洁的。另一种研究视角是探讨作为分工深化的空间组织形式——产业集聚与环境污染的关系，主要有三种不同的观点：一是，产业集聚对城市环境污染有正外部性(Kyriakopoulou et al, 2013)；二是，产业集聚对环境污染有负外部性(Fagbohunka, 2012；张可等, 2014)；三是，产业集聚与环境污染呈倒U型关系，且具有显著的门槛特征(杨仁发, 2015)。

关于区域分工与经济增长，分工理论早已系统阐明了分工是经济增长的源泉(钟昌标, 2002)，在对中国经济的研究中，梁琦(2004)指出中国经济发展速度与分工指数的变化率呈正向变化，但同时，中国区域经济非均衡发展的现象更加突出。在对长三角的研究中，刘传江等(2005)运用2001年—2003年的数据说明不论是广义还是狭义的长三角，其由中心向外围的制造业空间扩散与长三角区域经济发展阶段有密切关系，但并未阐明之间存在怎样的关系。陈健等(2013)指出相比产业间、产业内分工下所形成的地区专业化，产品内国际分工下的地区专业化发展更显著促进了区域经济增长效率水平提升。

综上，虽然研究分工与环境污染、经济增长之间关系有一定的成果，但将三者作为一个整体系统考察的成果并不多，研究具体区域代表性产业的则更少。实际上，若假定长江经济带是一个封闭的经济体（实际上长江经济带也一直在探讨一体化建设），经济带所辖11个省市同样存在相对发达地区与落后地区。那么，经济带区域内的产业分工水平呈怎样变化趋势，这种变化对各地区的环境污染及经济发展产生怎样的影响，都是值得深入探讨的问题。因此，本文选取经济带内造成地区环境污染最为严重的重化工业为研究对象，试图为区域产业政策的制定提供一些依据。

本文在以下几个方面力图有所创新：第一，研究视角创新：以往的相关研究多是从全球视角或国家视角展开，而本文试图借助投入产出的分析思路考察一国内部以河流贯穿的上下游经济区中三者间的关系；第二，研究内容创新：以往对的相关研究多将各产业作为整体考察，本文将对 2005—2016 年间长江经济带 20 个细分重化工业进行研究，数据更具有专业性，力图使结论更具有针对性与说服力；第三，研究方法创新：以往对产业分工的研究主要从地方、产业两个维度考察，本文在此基础上增加了两种分工路径的结合考察，力图发现有价值

的研究结论。此外,本文还增加了对研究内容的空间计量检验,以期考察三者间的空间效应关系。文章余下部分安排如下:第二部分是本文的分析框架及相关指标测度;第三部分是长江经济带分工、污染与经济总体特征;第四部分是实证检验;第五部分是结论与启示。

二、分析框架及相关指标测度

(一) 投入产出联系与协调

在区域发展中,产业分工、环境污染和经济增长三个子系统构成了一个复杂总系统,产业分工可能在推动区域内各地区经济增长的同时,造成地区间环境污染的转移与不平衡。借助黄建欢等(2014)的分析思路,若将产业分工视为系统的输入,可以将经济发展视为系统的“好”产出,将环境污染视为系统的“坏”产出。

(二) 投入变量选取

为了度量长江经济带的区际分工水平,理想的核算方法需要详尽的区际贸易数据,但按照中国的统计制度,较为完整的省际贸易数据很难获得(陈家海,1996),因此,寻找替代的方法就具有重要的意义。借助樊福卓(2007)的分析思路,首先假设:一,长江经济带处于封闭经济状态,没有对外经济联系;二,长江经济带各地区的需求结构是一致的。当两个假设(不考虑运输成本)合在一起,在地区间的产出结构存在差异时,就会导致地区间贸易的发生,进而可以度量地区专业化水平与产业地方化水平。^①

1.地区专业化水平

用 isi_i 表示 i 地区的专业化水平,反映其与其他地区发生的地区间工业品贸易的相对规模,

则有: $isi_i = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \left| \frac{y_{ik}}{y_i} - \frac{y_k}{y} \right|$, 其中, y_{ik} 表示 i 地区 k 产业产值, k 取值范围为 $[1, K]$, y 表示长江经济带重化工产业总产值。 isi_i 值越大,代表 i 地区在区域中的专业化水平越高。

2.产业地方化水平

用 il_k 表示 k 产业的地方化水平,反映该产业发生的地区间贸易的相对规模,则有:

$il_k = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^I \left| \frac{y_{ik}}{y_k} - \frac{y_i}{y} \right|$, il_k 值越大,代表 k 产业在区域中的地方化水平越高。

(三) 产出变量选取

本文的产出变量为环境污染与经济增长,其中环境污染由于污染物种类颇多,根据数据可得性、指标高度相关性和数据异常值分布,本文选取三种在重化工业中具有较强代表性的污染物:工业废水(2015年全国工业用水占总用水量的21.9%,但产生的工业废水占总废水量的27.1%)、工业二氧化硫(2015年中国工业二氧化硫排放量占总排放量的83.7%)、

^①樊福卓(2007)同时也指出,一个国家实际的区际贸易水平是不存在封闭经济和需求结构一致假设的,因此,本文的两个假设只是为度量区际分工提供一个起点,其结果与实际的区际贸易水平并无必然的联系。

工业固体废物。参照上述指标设定方法,考察地区污染排放水平,即 $w_{s_{iv}} = \frac{w_{iv}}{w_v} - \frac{y_i}{y}$, 其中,

w_{iv} 表示*i*地区*v*污染物的排放量, *v*取值为1、2、3, 分别代表工业废水、工业二氧化硫和工业固体废物。 $w_{s_{iv}}$ 值越大, 说明*i*地区*v*污染物的排放水平越高, 排放效率越低, $w_{s_{iv}}$ 值越小, 说明*i*地区*v*污染物的排放水平越低, 排放效率越高。

经济增长方面, 本文选取地区国内生产总值(GDP)占比反映地区经济规模, 选取地区人均GDP反映地区经济发展水平。

(四) 研究范围与数据来源

本文研究的地区范围为中国长江经济带, 所辖区域包括上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州11省市。产业范围为重工业与化学工业, 具体产业根据国民经济行业分类标准(GB/T 4754—2002), 并且为保持统计口径的一致性, 对2012—2016年产业数据按2002年标准合并, 最终确定本文研究的重化工业包括: 煤炭开采和洗选业、石油和天然气开采业、黑色金属矿采选业、有色金属矿采选业、非金属矿采选业、石油加工及炼焦加工业、化学原料及化学制品制造业、医药制造业、化学纤维制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业、交通运输设备制造业、电气机械及器材制造业、通信设备计算机及其他电子设备制造业、仪器仪表及文化办公机械制造业、电力热力的生产和供应业, 共涵盖20个细分产业。考虑到所涉数据的可得性, 本文研究的数据范围为2005—2016年。

根据前文的研究方法及研究问题需要, 本文涉及的基本变量包括: 重化工业细分产业的产值、地区GDP、地区人均GDP、地区工业废水排放量、地区工业二氧化硫排放量、工业固体废物产生量等。其中, 各产业产值数据来源于《中国工业统计年鉴》(2006—2017); 各地区的GDP、人均GDP数据、地区工业废水、工业二氧化硫、工业固体废物产生量数据来源于各地区统计年鉴(2006—2017), 其中各地区的GDP、人均GDP数据均为剔除通货膨胀因素的实际值, 以2005年为不变价格进行计算。

三、经济带内分工、污染与经济的总体特征

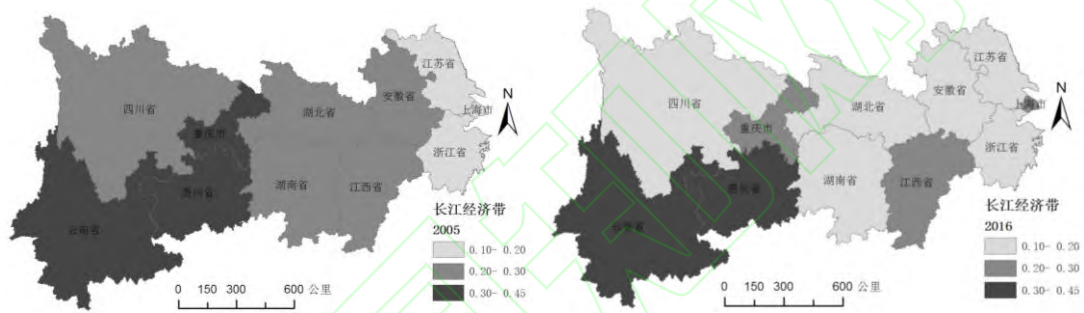
(一) 2005、2016年投入变量的截面观察

1. 地区专业化水平

将长江经济带地区重化工业专业化水平2005年、2016年截面数据通过Arcgis10.2软件绘于图1。整体看, 2005年有3个地区的重化工业分工水平在0.1—0.2之间, 有5个地区在0.2—0.3之间, 其余地区在0.3—0.5之间。这一结果与中国东中西部的划分具有一定一致性, 因此为便于后文的分析, 根据这一标准将长江经济带11个地区划分为三个梯队, 其中第一

梯队包含上海、江苏、浙江 3 个沿海地区，第二梯队包含安徽、江西、湖南、湖北 4 个中部地区，第三梯队包含四川、重庆、云南、贵州 4 个西部地区。

至 2016 年，地区重化工业分工水平在 0.2 以上的只有 5 个地区。2005—2016 年间，地区重化工业分工水平呈下降趋势的有 9 个地区，只有上海、江苏呈上升趋势。以上结果与樊福卓(2007)的结论既有一致性，也存在较大差异。一致性在于：除四川外，经济发展较为落后的属于中国西部的长江上游地区重化工业专业化水平与工业专业化水平相似，普遍高于经济发展较快的属于中国东部的长江下游地区。可能的原因是，处于第二、三梯队的地区受地理位置与经济约束，工业，特别是重化工业发展难以形成多样性，产业类别较为单一。第一梯队早期承接国际、国内的产业转移众多，各地区间存在一定程度的产业同构现象，故产业专业化水平普遍较低。差异性在于：2005—2016 年间，除上海、江苏外的地区均在不断下降，其中又以安徽、湖北、湖南、四川的下降幅度最大。



数据来源：作者计算；绘图工具：Arcgis10.2

图 1 长江经济带地区重化工业专业化水平 2005 年、2016 年截面数据

2. 产业地方化水平

将长江经济带重化工业地方化水平 2005 年、2016 年截面数据列于表 2。整体看，长江经济带 2005 年有 7 个细分产业的地方化水平在 0.3 以上，其余均低于 0.3。在高于 0.3 的产业中，只有 i9、i18 不属于采选业。至 2016 年，只有 6 个产业高于 0.3，低于 0.3 的产业中增加了 i18。2005—2016 年间，下降幅度超过 20% 的产业有 i6、i8、i11、i13、i18，上升幅度超过 20% 的有 i3、i10、i12、i15、i17、i19。以上结果与樊福卓(2007)的结论也存在一定差异，即各细分产业的地方化水平并非在不断加深，其中不乏国家战略性新兴产业。同时，地方化水平在上升的产业主要涉及采选业和部分装备制造业。

表 1 长江经济带重化工业地方化水平 2005 年、2016 年截面数据

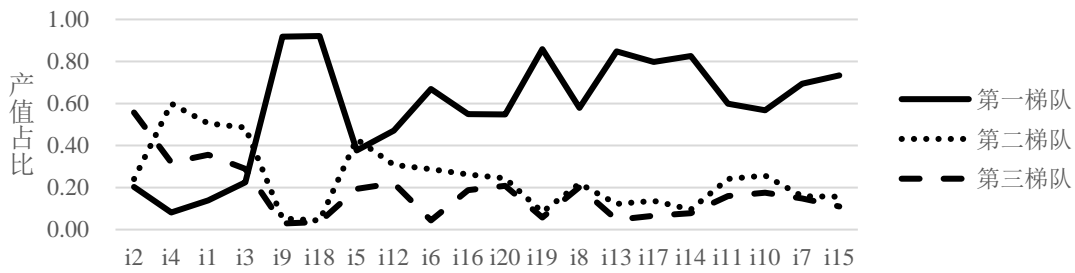
产业部门	产业序号	2005	2016	提高(%)
石油和天然气开采业	i2	0.661	0.763	15.44
有色金属矿采选业	i4	0.659	0.625	-5.22
煤炭开采和洗选业	i1	0.597	0.585	-2.04

黑色金属矿采选业	i3	0.464	0.557	20.12
化学纤维制造业	i9	0.378	0.445	17.89
通信设备计算机及其他电子设备制造业	i18	0.326	0.182	-44.18
非金属矿采选业	i5	0.311	0.369	18.58
有色金属冶炼及压延加工业	i12	0.244	0.294	20.43
石油加工及炼焦加工业	i6	0.217	0.158	-27.48
交通运输设备制造业	i16	0.198	0.210	6.37
电力热力的生产和供应业	i20	0.192	0.197	2.68
仪器仪表及文化办公机械制造业	i19	0.178	0.298	67.10
医药制造业	i8	0.158	0.090	-43.42
金属制品业	i13	0.147	0.076	-48.42
电气机械及器材制造业	i17	0.143	0.186	30.42
通用设备制造业	i14	0.139	0.123	-11.80
黑色金属冶炼及压延加工业	i11	0.137	0.103	-24.82
非金属矿物制品业	i10	0.130	0.234	79.92
化学原料及化学制品制造业	i7	0.105	0.099	-5.89
专用设备制造业	i15	0.090	0.140	54.69

数据来源：作者计算

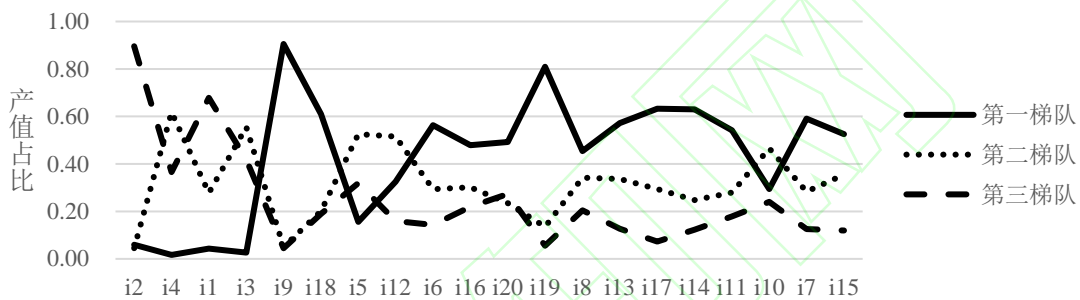
3.两种分工路径结合

将经济带内三个梯队的重化工细分产业 2005 年、2016 年产值占比按表 2 的行业排序绘于图 2、图 3。两图中曲线间的距离变化更直观地显示了长江经济带重化工业的产业间分工水平变化，即各产业均不同程度的从第一梯队向第二、三梯队转移，其中，i2 在第三梯队的占比近 90%，i4、i1、i3 在第二、三梯队的占比超过 95%。第三梯队占比超 80% 的产业数由 2005 年的 5 个减少到 2016 年的 2 个，分别为 i9、i19。长江经济带重化工业的分工水平除前 4 个产业外，均是在不断减弱，第一梯队在区域内中高端重化工业的优势地位在不断削弱。说明，经过 12 年的追赶，第二与第三梯队逐渐形成了较为多样化的重化工业，并且已经呈现不同程度的向价值链高端攀升趋势，其中第二梯队已经摆脱了 2005 年时与第三梯队基本重合的区域分工角色，不断向第一梯队靠近。同时，第二、三梯队在资源密集型产业中的分工地位仍在不断增强，为经济带的重化工业发展提供了重要的基础原材料。



数据来源：作者计算

图 2 2005 年长江经济带重化工产业、地方分工路径结合图



数据来源：作者计算

图 3 2016 年长江经济带重化工产业、地方分工路径结合图

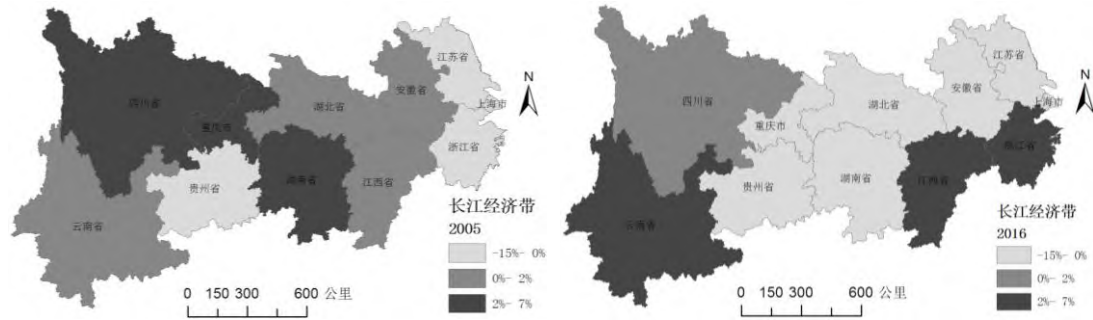
(二) 2005、2016 年产出变量的截面观察

上文中,长江经济带重化工产业分工格局的形成是否是因为第一梯队将污染排放大的重化工产业一定程度通过产业转移的形式进行“污染转移”,在带动地区经济增长的同时,使第二、三梯队地区的环境污染加剧,环境污染水平提升?在这一过程中,第一梯队是出现了经济与环境双方面的共同提升,还是相反?下面从环境与经济两方面进行考察。

1.地区工业污染排放水平

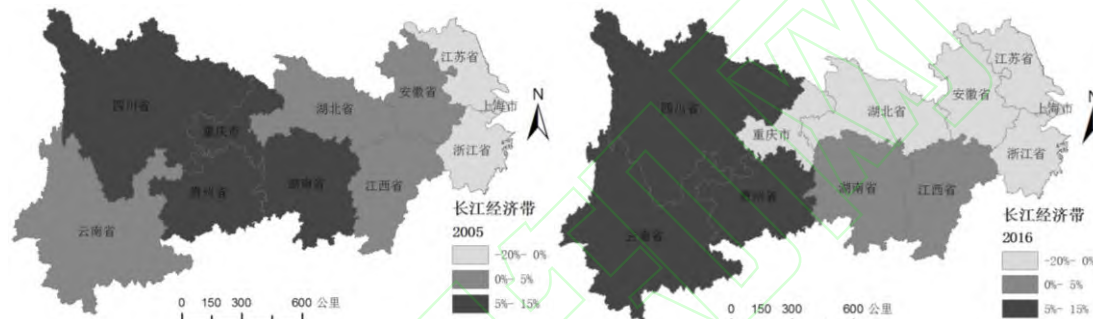
将长江经济带地区相关污染排放的 2005 年、2016 年截面数据绘于图 4—图 6。整体看,长江经济带工业废水排放水平中西部在降低,西南部在增加;工业 SO₂ 排放水平中部在降低,西南部在增加;工业固体废弃物产生水平在中部与西南部仍不断加剧。分梯队看,第一梯队中只有江苏的三种污染排放水平在不断下降,上海、浙江均存在不同程度的上升,说明经济带内重化工产业的转移并未促进第一梯队污染排放效率的整体提升;第二梯队所有地区的三种污染排放水平均在不断下降,说明第二梯队在接受第一梯队重化工产业的产业转移与分工深化过程中,并未造成环境污染加剧与环境效率的降低;第三梯队中只有重庆的三种污染排放水平在不断下降,其余地区均存在不同污染物的排放水平上升,说明第三梯队在接受

重化工业产业转移与分工深化过程中,对除重庆外的地区可能造成了环境污染加剧与排放效率降低。



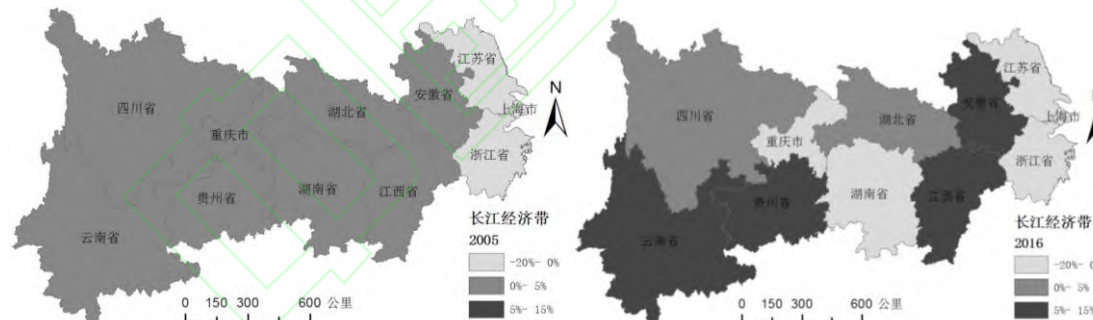
数据来源: 作者计算; 绘图工具: Arcgis10.2

图 4 长江经济带地区工业废水排放水平 2005 年、2016 年截面数据



数据来源: 作者计算; 绘图工具: Arcgis10.2

图 5 长江经济带地区工业 SO₂ 排放水平 2005 年、2016 年截面数据

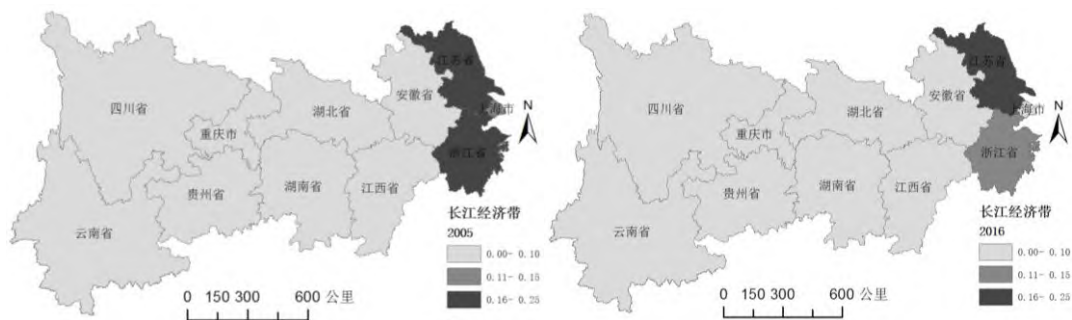


数据来源: 作者计算; 绘图工具: Arcgis10.2

图 6 长江经济带地区工业固体废物产生水平 2005 年、2016 年截面数据

2.地区经济发展

将长江经济带地区经济规模与经济发展水平的 2005 年、2016 年截面数据分别绘于图 7—图 8。在地区 GDP 规模方面,第一梯队各地区占比均在不断降低,第二、三梯队各地区均以不同程度上升;在地区人均 GDP 水平方面,虽然各地区均在上升,但第一梯队的平均增速普遍慢于第二、三梯队。说明,第一梯队各地区经济规模与经济发展水平在经济带中的优势均呈弱化趋势,而第二、第三梯队则呈相反的强化趋势。



数据来源：作者计算；绘图工具：Arcgis10.2

图 7 长江经济带地区经济发展规模 2005 年、2016 年截面数据



数据来源：作者计算；绘图工具：Arcgis10.2

图 8 长江经济带地区经济发展水平 2005 年、2016 年截面数据

本部分证实在 2005—2016 年期间，长江经济带第一梯队将污染排放大的重化工产业一定程度通过产业转移的形式进行“污染转移”的论断并不成立。长江经济带重化工业除 4 个资源密集型产业外的分工水平下降，没有造成第二梯队的“污染转移”，只可能对第三梯队的个别地区造成了“污染转移”。为使结论更具说服力，下面对分工水平、环境污染与地区经济三者间存在的影响关系进行实证检验。

四、实证检验

（一）全局空间自相关检验

考虑到长江经济带 11 省市互为相邻地区，需要考察数据是否存在空间依赖性，即空间自相关。本文采用莫兰指数 I 进行考察，并将结果列于表 2。由表 2 可知，各变量均存在空间自相关，说明本文所选定变量存在空间效应，需采用空间计量分析。

表 2 长江经济带各指标全局自相关 Moran's I 指数

变量	Moran's I	z 值
重化工业分工水平(isi)	0.204***	3.237
工业水污染(ws_1)	0.178***	2.850
工业大气污染(ws_2)	0.478***	7.461

工业固体废物(<i>ws3</i>)	0.304***	4.781
地区经济规模(<i>gdp</i>)	0.158**	2.548
地区经济发展水平(<i>lngdp</i>)	0.509***	7.962

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著
资料来源: 作者利用 STATA 软件计算

(二) 计量模型设定

为考察长江经济带地区重化工业分工水平对地区工业污染与经济的影响, 设定空间计量模型如下:

$$y_{it} = \rho w_i' y_i + x_{it}' \beta + d_i' x_i \delta + u_i + \gamma_i$$

其中, y_{it} 分别表示地区 i 时间 t 的工业废水排放水平(ws_1)、废气排放水平(ws_2)、固体废物排放水平(ws_3)、经济发展规模(gdp)、经济发展水平($lngdp$), w_i' 为空间权重矩阵 W 的第 i 行, $w_i' y_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} y_{jt}$, w_{ij} 为空间权重矩阵 W 的 (i, j) 元素, x_{it}' 为一系列解释变量, 其中主变量为地区重化工业分工水平(isi), 控制变量的定义及计算方法如表 3 所示, β 为相应系数, $d_i' x_i \delta$ 表示解释变量的空间滞后, d_i' 为相应空间权重矩阵 D 的第 i 行, u_i 为个体效应, γ_i 为时间效应。

表 3 其他控制变量定义及计算方法

变量名	含义	计算方法
<i>pop</i>	人口	经济带内地区人口规模比重
<i>urban</i>	城镇化水平	城镇人口占总人口比重
<i>tec</i>	研发水平	经济带内地区专利授权比重
<i>is</i>	产业结构	第二产业增加值占 GDP 的比重
<i>ey</i>	能源利用效率	地区单位 GDP 的能源消耗
<i>trad</i>	贸易水平	经济带内地区进出口总额比重
<i>road</i>	工业基础设施水平	经济带内地区高速公路里程数比重

(三) 模型空间效应检验

首先, 对上述设定模型基于 OLS 估计进行 LM 检验, 考察模型是否存在空间效应, 结果如表 4 所示, 针对空间滞后的两个检验中, 五个模型的 R-LMLAG 检验均拒绝了“无空间自相关”的原假设, 针对空间误差的三个检验中, 有三个模型 R-LMERR 检验拒绝了“无空间自相关”的原假设, 表明应进行空间计量分析。

表 4 空间计量模型的 LM 检验

检验统计	<i>ws1</i>	<i>ws2</i>	<i>ws3</i>	<i>gdp</i>	<i>lngdp</i>
LMLAG	1.132	2.98*	22.163***	3.338*	34.451***

R-LMLAG	3.206*	3.718*	43.732***	6.106**	29.703***
LMERR	0.003	0.048	0.545	2.058	31.455***
R-LMERR	2.077	0.786	22.114***	4.827**	26.707***

注: **、* 分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著
资料来源: 作者利用 STATA 软件计算

(四) 模型选择

尽管上文可以拒绝非空间模型,但由于有 4 个被解释变量下的 LMERR 检验存在不显著,需要通过 Wald 检验选择适当的空间模型,考察能否将空间杜宾模型(SDM)简化为空间滞后模型(SLM)或空间误差模型(SEM)。当 ws_1 、 ws_2 为被解释变量时,SLM 与 SEM 指向相反,应选择 SDM;当 ws_3 、 gdp 、 $lnpgdp$ 为被解释变量时 Wald_spatial_lag、Wald_spatial_error 的 P 值都显著,也应选择 SDM。由于本文采用的是面板数据,其后运用 Hausman 检验是否采用固定效应,结果显示当 ws_1 、 ws_2 、 ws_3 、 gdp 为被解释变量时, Hausman 检验为负值,说明随机效应的干扰项与解释变量不相关的假设不满足,拒绝随机效应,选择固定效应;当 $lnpgdp$ 为被解释变量时, Hausman 检验显著,也应选用固定效应。最后分别采用空间固定、时间固定和时空双固定效应估计上述模型,估计结果显示时间固定效应下 SDM 的拟合程度均较高。为示比较,本文选择时间固定效应下空间自回归模型(SAR)和空间杜宾模型(SDM)进行分析,检验及回归结果均列于表 5。

由表 5 可以看出,各模型的空间自回归系数 ρ (rho)除在考察区域分工对工业水污染影响的 SAR 外,均通过了显著性水平检验。另外,不仅所有解释变量在不同的模型中通过了显著性检验,而且各自的空间滞后变量 ($W \times$ 解释变量)也通过了显著性检验。根据这些变量的系数估计值以及显著性水平的估计结果,可以发现如果在模型估计中忽略了这些变量的空间滞后项,将会遗漏变量而造成估计结果偏误。这也意味着在建立模型考察区域分工对地区环境污染与经济影响时,要纳入上述变量的空间影响因子。

表 5 空间面板计量模型回归结果

变量	ws_1		ws_2		ws_3		gdp		$lnpgdp$	
	SAR	SDM	SAR	SDM	SAR	SDM	SAR	SDM	SAR	SDM
<i>isi</i>	-0.069	0.027	-0.176*	0.056	0.552***	0.291***	-0.056*	0.054**	-0.299	0.292
<i>pop</i>	-0.488**	-0.906***	-0.718***	-1.440***	1.282***	0.012	0.414***	0.864***	-0.000	-0.000
<i>urban</i>	-0.072	0.018	-0.189***	-0.195***	0.046	-0.219**	0.029	0.113***	2.953***	3.306***
<i>tec</i>	0.173***	0.095	-0.028	0.050	-0.178***	0.106	0.122***	0.001	0.758**	-0.215
<i>is</i>	-0.300***	-0.192***	-0.327***	-0.067	0.070	0.178**	0.058**	0.061***	-0.053	0.292
<i>ey</i>	-0.037***	-0.025**	-0.007	-0.023**	-0.014	-0.024**	0.001	-0.002	-0.138***	-0.099***

<i>trad</i>	-0.401***	-0.612***	-0.333***	-0.376***	-0.628***	-0.557***	0.265***	0.214***	0.774**	0.421***
<i>road</i>	0.318***	0.393***	-0.234*	0.151	-0.224	0.069	0.172***	0.001	1.487**	1.799***
<i>W×isi</i>		-0.194		0.924***		0.343		-0.127**		-0.818
<i>W×pop</i>		-1.718*		-0.421		-0.659		0.394*		0.0004*
<i>W×urban</i>		0.267		0.025		-1.003***		0.266***		1.516*
<i>W×tec</i>		0.115		0.409**		1.029***		-0.284***		-2.197**
<i>W×is</i>		-0.452**		0.273		0.257		0.004		1.042
<i>W×ey</i>		0.033		-0.051**		-0.113***		0.013**		0.112
<i>W×trad</i>		0.080		-0.204		-0.012		0.252***		2.940***
<i>W×road</i>		-0.410*		-0.243		-0.881***		0.055		0.458
<i>Wald_Spatial_lag</i>		2.697		4.330**		72.193***		4.198**		45.055***
<i>Wald_Spatial_error</i>		1.276		1.540		152.498***		32.069***		19.564***
<i>Hausman</i>		-15.36		-1.11		-7.06		-4.22		43.88***
ρ	-0.13	-0.399***	0.205***	-0.243*	-0.556***	-0.378**	-0.249***	-0.697***	-0.163*	-0.412***
<i>sigma2_e</i>	0.0004***	0.0003***	0.0005***	0.0002***	0.0007***	0.0003***	0.000***	0.000***	0.003***	0.002***
R^2	0.728	0.689	0.902	0.951	0.904	0.837	0.979	0.963	0.888	0.910
<i>N</i>	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著。限于篇幅原因, 此处 t 统计量省略
资料来源: 作者利用 STATA 软件计算

(五) 结果分析

1.重化工分工水平对地区环境污染的影响

由表 5 可以看出,长江经济带重化工业分工水平对地区工业废水排放水平的影响不显著,对地区工业废气、固体废物排放水平的影响显著且在 SDM 模型中系数均为正值,对地区工业废气排放水平存在显著的空间滞后效应。说明,第二、三梯队的重化工分工水平的不断降低不仅没有造成地区污染水平上升,反而促进了下降,同时,第一梯队重化工分工水平的提升没有促进地区污染水平下降,反而造成了提升。结果再次证实了“污染转移”并未随着经济带内重化工产业的转移而发生。

可能的原因是,十多年的重化工产业转移,并非是一味的将落后的、价值链低端的、能源消耗高的产业转移。伴随着技术进步、地方政府对环境问题的极大关注,本轮产业转移是在生产设备不断改良、能源利用效率不断提升、产品附加值不断增加的前提下进行的,最终打破了“污染转移”发展定律。但上海、江苏、浙江当前正处于新兴产业升级与传统产业的大型生产设备临近服役期双重局面。由于老设备普遍存在的各项运行指标较低、能耗高、污染排放水平高等问题,导致地区在产业分工深化的同时,污染排放水平上升。

2.重化工分工水平对地区经济的影响

由表 5 可以看出,长江经济带重化工业分工水平仅对地区经济发展规模的影响显著,对地区经济发展水平的影响不显著。在 SAR 中区域分工水平(*isi*)的系数为负值,而在 SDM 中,该变量系数均为正值,其空间滞后变量均为负值,需要利用偏微分将系数估计值进行分解。因此表 6 给出了时间固定效应下 SDM 各解释变量对被解释变量的直接、间接和总效应。运行结果表明,重化工业分工对地区经济发展规模与水平的影响是较为复杂的。在解释经济发展规模的模型中,直接效应系数显著为正,说明一地区重化工业的分工弱化会直接带动该地区经济规模的下降。间接效应系数显著为负,说明其他地区重化工业的分工弱化会间接促进该地区经济规模的提升。在解释经济发展水平的模型中,直接效应系数与间接效应系数符号相反且仍然不显著。

从经济带总体情况看,地区重化工业分工弱化会提升地区经济发展规模与水平。这一结果说明第二、三梯队在承接第一梯队产业转移或利用自身已有优势独立发展重化工业的同时,不仅使地区重化工业分工水平呈现了弱化,也为地区经济的快速发展提供了引擎,增强了地区经济在经济带内的竞争力。相应的,上海、江苏的地区经济发展速度疲软并不一定由重化工业分工不断深化造成,两地正处于产业转型升级的爬坡期,重化工业分工深化对经济增长的直接效应可能尚未显现。

表 6 经济发展影响因素分解

被解释变量	<i>gdp</i>			<i>lnpgdp</i>			
	解释变量	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
<i>isi</i>		0.087***	-0.128***	-0.041	-0.284	0.075	-0.208
<i>pop</i>		0.905***	-0.16	0.745***	-0.000	0.000	-0.000
<i>urban</i>		0.076***	0.151***	0.227***	3.000***	-0.403**	2.597***
<i>tec</i>		0.056***	-0.224***	-0.168***	0.773**	-0.099	0.674**
<i>is</i>		0.069***	-0.031	0.039	-0.029	0.023	-0.006
<i>ey</i>		-0.005*	0.012***	0.007	-0.135***	0.021	-0.114***
<i>trad</i>		0.192***	0.082**	0.274***	0.765**	-0.129	0.636***
<i>road</i>		-0.008	0.044	0.036	1.522**	-0.236	1.286***

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著。限于篇幅原因,此处 t 统计量省略

资料来源:作者利用 STATA 软件计算

3.其他控制变量的影响

根据模型运行结果可知,贸易规模对工业三废排放水平降低有促进作用,人口规模、城镇化水平、产业结构只对工业废水、废气排放水平降低有促进作用,工业基础设施水平只对工业废气、固体废物排放水平降低有促进作用。值得注意的是,研发水平、能源利用率对工业三废排放水平降低有制约作用。可能的原因是,虽然研发水平与能源利用率相互促进,但两个变量与工业的发展也密切相关,与工业三废排放水平同向变动也在情理之中。即,研发

水平越高、能源利用效率越高的地区，往往正是工业快速发展、工业三废排放水平越高的地区。

城镇化水平、研发水平、能源利用率、贸易规模、工业基础设施水平对经济发展规模与水平有促进作用；工业产业结构高对经济发展规模有促进作用，对地区经济发展水平有一定抑制作用；人口规模对经济发展规模有促进作用，对地区经济发展水平几乎没有影响。

五、结论与启示

本文基于2005—2016年的长江经济带重化工产业数据考察了产业分工对地区环境污染与经济发展的双重影响，并运用空间计量模型进行验证，主要结论有：一，经济后发地区的重化工业专业化水平普遍高于经济先发地区。除上海、江苏外的长江经济带地区重化工业专业化水平均在不断下降，接近一半的重化工细分产业地方化水平也在下降。二，“污染转移”并未随着经济带内重化工产业的转移而发生。三，地区重化工业分工弱化会直接带动本地区在经济带中经济规模比重的下降，但其他地区重化工业分工弱化也会促进该比重的提升。

为促进分工、环境和经济三大系统不断协调发展，本文的启示有：一，经济后发地区参与国内产业分工，即便是会造成更大环境负担的重化工产业，产业效率与规模的提升有助于清洁生产技术的引进和传播，最终有助于地区环境的改善与经济发展水平的整体提升。建议中上游地区坚定的利用自身天然条件，引进来和走出去并重，继续推进重化工产业融入国内、国际分工体系。二，经济先发地区现阶段无法回避的现实是新老产业与新旧设备并存、污染恶化与经济增长疲软并存。建议下游地区当前果断淘汰落后产能，引进国际先进生产设备和先进技术，不遗余力地推进供给侧结构性改革，缩短产业换挡期的过渡时间。

（编校：家伟）

参考文献：

陈家海.1996.地区工业化进程中的省际贸易格局及政策倾向[A].周振华.中国经济分析 1995:地区发展[C].上海:上海人民出版社.

陈建军,黄洁,陈国亮.2009.产业集聚间分工和地区竞争优势——来自长三角微观数据的实证[J].中国工业经济(3):130-139.

陈健,刘海燕.2013.产品内国际分工与区域经济增长效率——专业化视角的研究[J].中国经济问题(2):76-82.

陈秀山,徐瑛.2008.中国制造业空间结构变动及其对区域分工的影响[J].经济研究(10):104-116.

成艾华,喻婉.2018.长江经济带产业转移、产业分工与一体化发展[J].中南民族大学学报(人文社会科学版)(6):128-133.

戴翔.2010.产品内分工、出口增长与环境福利效应——理论及对中国的经验分析[J].国际贸易问题(10):57-63.

樊福卓.2007.地区专业化的度量[J].经济研究(9):71-83.

范剑勇.2004.长三角一体化、地区专业化与制造业空间转移[J].管理世界(11):77-84+96.

- 黄建欢,杨晓光,胡毅.2014.资源、环境和经济的协调度和不协调来源——基于 CREE—EIE 分析框架[J].中国工业经济(7):17-30.
- 黎峰.2016.增加视角下的中国国家价值链分工——基于改进的区域投入产出模型[J].中国工业经济(3):52-67.
- 梁琦.2004.中国制造业分工、地方专业化及其国际比较[J].世界经济(12): 32-40.
- 刘传江,吕力.2005.长江三角洲地区产业结构趋同、制造业空间扩散与区域经济发展[J].管理世界(4):35-39.
- 陆旸.2012.从开放宏观的视角看环境污染问题:一个综述[J].经济研究(2):146-158.
- 沈剑飞.2018.流通活动、市场分割与国内价值链分工深度[J].财贸经济(9):89-104+121.
- 向永辉,陈庆能.2018.污染避难所假说和林德假说——基于中国的实证研究[J].经济经纬(1):63-69.
- 杨仁发.2015.产业集聚能否改善中国环境污染[J].中国人口·资源与环境(2):23-29.
- 张可,汪东芳.2014.经济集聚与环境污染的交互影响及空间溢出[J].中国工业经济(6):70-82.
- 钟昌标.2002.国内区际分工和贸易与国际竞争力[J].中国社会科学(1):94-100.
- FAGBOHUNKA A.2012. The impacts of agglomeration on the immediate environment, using the Lagos Region as a study case[J]. European Scientific Journal,8(6):33-48.
- KYRIAKOPOULOU E, XEPAPADEAS A.2013.Environmental policy, first nature advantage and the emergence of economic clusters[J]. Regional Science & Urban Economics,43(1):101-116.

Industrial Division, Environmental Pollution and Regional Economic Development

——Based on Heavy Chemical Industry in the Yangtze River Economic Belt

DONG Xin-ling^{1,2}, ZHANG Yue-you¹

(1. Economics School, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Business School, Jiangsu Open University, Nanjing 210036, China)

Abstract: In the context of the serious “heavy chemical industry surrounding the river” in the Yangtze River Economic Belt, in order to balance environmental restoration with economic development, this paper draws on the input-output analysis ideas, uses the 2005-2016 panel data of the economic belt, and constructs the spatial Durbin model to analyze the dual impact of the industrial division of the heavy chemical industry on regional environmental pollution and economic development. The results show that the division of labor in the middle reaches of the economic belt is continuously close to the downstream; the heavy chemical industry division of labor, environmental pollution and economic development in the economic belt are spatially dependent; the reduction of the level of heavy chemical division in the middle and upper reaches promotes the decline of regional pollution levels. The “contamination transfer” did not occur with the transfer of heavy chemical industry in the

economic belt; the weakening of the division of labor in the regional heavy chemical industry will lead to an increase in the proportion of the economy in the economic belt.

Key words: Heavy Chemical Industry; Yangtze River Economic Belt; Industrial Division of Labor; Environmental Pollution; Spatial Panel Durbin Model

