

河南省工业发展与工业污染排放的时空耦合

牛怡元, 吴帆

(河南大学 黄河文明与可持续发展研究中心暨黄河文明传承与现代文明建设河南省协同创新中心, 河南 开封 475001)

摘要:运用 GeoDa 时空分析、脱钩指数分析河南省各地市工业产值与污染物排放的时空格局及耦合关系,并运用 Kaya 方程与 LMDI 因素分解法探讨河南省工业污染排放的影响因素及贡献度。研究表明:①豫西、豫北地区各类工业污染排放较为严重,各地市应针对性地进行污染物的治理与减排;②产业结构优化与排放强度降低可以减少工业污染物的排放,而产值规模扩大和污染物来源行业比重增加则正向拉动工业污染物排放。

关键词:工业发展;工业污染排放;时空分析;脱钩;LMDI 因素分解法

中图分类号:F129.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2018)06-0073-07

经济发展与环境污染的关系是地理学研究热点之一。长期以来,国内外学者进行了大量研究。早期的研究方向主要是建立经济与环境效益之间耦合关系判定的计量模型,如建立耦合度定量计算模型和灰色系统进行耦合预测研究^[1],运用系统动力学对环境要素的耦合动力学模型研究^[2],运用灰色关联、变异系数和协调系数等对经济与环境耦合协调发展进行研究^[3-4]。近期关于环境尤其是工业污染物排放与经济发展之间的相互关系研究越来越多样化。从研究内容来看,主要有经济综合实力、经济增长、工业结构、工业集聚程度、国际贸易与污染物排放之间耦合关系及影响因素的研究^[5-11];从研究尺度上来看,全国范围、发达地区及单一地市三个方面的研究较多,针对欠发达地区的研究相对不足^[12-19];而研究方法的使用也更加多样,如运用 LMDI 因素分解方法分析影响污染物排放的因素,用耦合协调度模型评价经济与环境之间的协调程度^[1,20-21];在研究的污染物类型上也有很大的突破,从单一污染物分析到多种污染物综合评价,都受到不少学者的关注^[7,17,21]。

自中部崛起战略实施以来,河南省的工业发展迎来了历史机遇以及来自环境的严峻挑战。为深入探究不同工业污染物地区分布的时空差异,各地市工业发展与不同工业污染物排放的耦合关系,以及影响污染物排放的具体因素,本文采用 GeoDa 时空分析方法、脱钩指数与 LMDI 因素分解法,对“十二五”时期河南省产业结构转型、工业生产技术创

新、末端治理等进行评价,以期对今后河南省以及其他欠发达地区工业发展、工业污染物减排和治理提供建议参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

GeoDa 1.10 中时空模式分析是一种在新的时间编辑器中将相同的变量在不同时间段内进行分组,以便在空间和时间上探索的统计模式。这一分析模型与常用的 GIS 不同,GIS 在进行等级划分时,各个时间段内的数据分别进行等级划分,以至于不能表达出同一研究对象在时间维度上的变化趋势;而 GeoDa 可以对时间进行编辑设置,即将时间段内所有数据进行整合和等级组别划分。如此划分结果使研究时期内的等级划分是相同的,可视化之后不仅可以清楚的看出每一个研究单元的某一研究要素在时间序列上的变化,还可以得到各个研究单元之间在空间上的差异性,从而更有效地分析工业产值与污染物排放的时空格局。

根据经济发展状态与污染物排放变化趋势,脱钩指数可以形成绝对脱钩、相对脱钩、衰退性脱钩和绝对负脱钩、相对负脱钩和扩张性负脱钩 6 种^[22-23]。

为建立河南省工业发展与工业污染排放量的数量关系,主要采用了 Kaya 方程^[24-25]将河南省工业污染排放总量分解为工业总产值规模、工业行业结构、高污染行业的排放强度以及污染物来源行业结构

收稿日期:2018-04-02

作者简介:牛怡元(1995—),女,河南洛阳人,河南大学黄河文明传承与现代文明建设河南省协同创新中心,硕士研究生,研究方向:历史经济地理。

四个因素。选用对数平均迪氏指数法(Logarithmic Mean Divisia Index, LMDI)分析各个因素影响工业污染排放量变化的程度^[26]。

另外,剔除2011年至2015年河南省41个工业行业的工业总产值和工业废水、工业废气、工业二氧化硫、一般工业固废排放量有缺失及统计口径发生变化的数据,以2015年数据为准,分别计算河南省各2位数工业行业的工业废水、工业废气、工业二氧化硫和一般工业固废排放量在各工业污染排放总量中的比重以及单位产值工业污染物排放量,将以上两个计算指标中均排在前10位的工业行业挑选出来,即工业污染排放量占比高、单位产值排放量大的行业,定义为高污染排放工业行业。

1.2 数据来源

本文数据来自2012—2016年《中国城市统计年鉴》、《河南统计年鉴》、河南各地市统计年鉴、河南省环境统计数据、河南省环境统计年报。

2 河南省工业发展及工业污染排放的时空

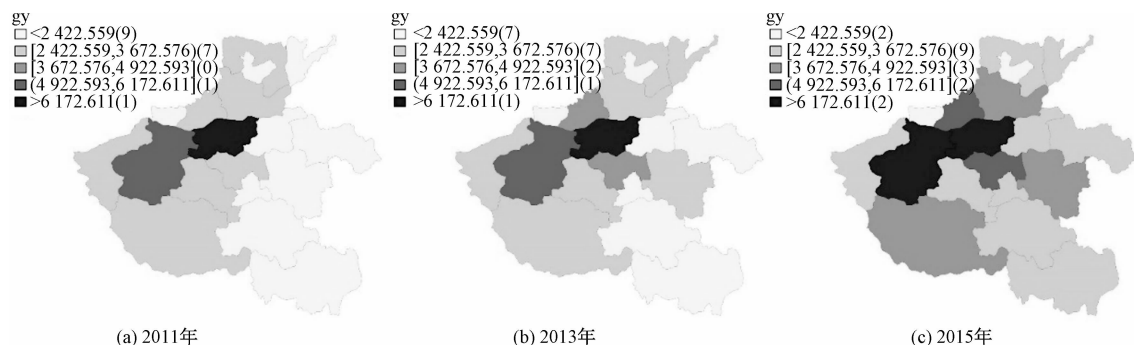


图1 河南省各地市工业总产值分布格局

2.2 河南省工业污染排放的时空格局

根据河南省各地市2011—2015年工业污染物排放量数值的基本情况进行分组,分成5组。图2a中可以发现,在废水排放方面,5年内仅有6个地市工业废水排放量是呈现下降趋势,分别为安阳、鹤壁、洛阳、南阳、开封和商丘。增长和不变(包括有波动)的地市仍占大部分。对于工业废气排放的时空格局(图2b),具有明显以洛阳市、郑州市、平顶山市和安阳市为高值区的特点,且在研究期内,安阳、南阳市的废气排放呈现上升的态势,洛阳废气排放量下降,其余地市则保持不变。在二氧化硫排放方面,其格局(图2c)具有明显西高东低的特征,随时间虽个别地市排放量有所增加,但整体上呈现下降趋势。洛阳市、郑州市、三门峡市、平顶山市和安阳市为排放高值区,南

格局

2.1 河南省工业发展的时空格局

根据河南省各地市2011—2015年工业总产值数值的基本情况进行分组,分成5组。5年来,河南省各地市工业总产值总体呈现上升趋势,绝大多数地市均有至少一个组别的提高(图1)。可以发现,2011年到2015年洛阳市与郑州市位于最高组;许昌市由次低组进入较高组;焦作市在2013年进入中间组,2015年进入较高组;南阳市和新乡市由次低组进入中间组;周口市由原来的最低组进入中间组;平顶山市基本处于稳定状态,处于较低组;三门峡市和安阳市5年内工业总产值一直处于次低组;濮阳市于2013年从最低组进入次低组;商丘市、漯河市和驻马店市在2013年到2015年间从最低组进入次低组;信阳市和开封市于2015年从最低组进入次低组。最低组由2011年的9个地市降到2015年的2个地市,即鹤壁市和济源市还未摆脱最低组。

阳市、新乡市和焦作市于2015年从次低组降至最低组。根据河南省一般工业固废排放格局图(图2d),其排放主要集中在西北,其他地市相对排放量较低。洛阳市在5年内均处于最高组,平顶山市在后几年一直维持在高排放量水平,三门峡市与郑州市也保持较高排放水平。不同工业污染物的时空格局有较大差别,总体来看,豫西、豫北工业污染排放较为严重,在多项工业污染物排放中均处于高值区。

3 河南省工业发展与工业污染排放的脱钩关系测度

运用公式(1),计算河南省各地市2011—2015年的工业总产值与工业废水排放、工业废气排放、工业二氧化硫排放、一般工业固废排放的脱钩指数(图3)。

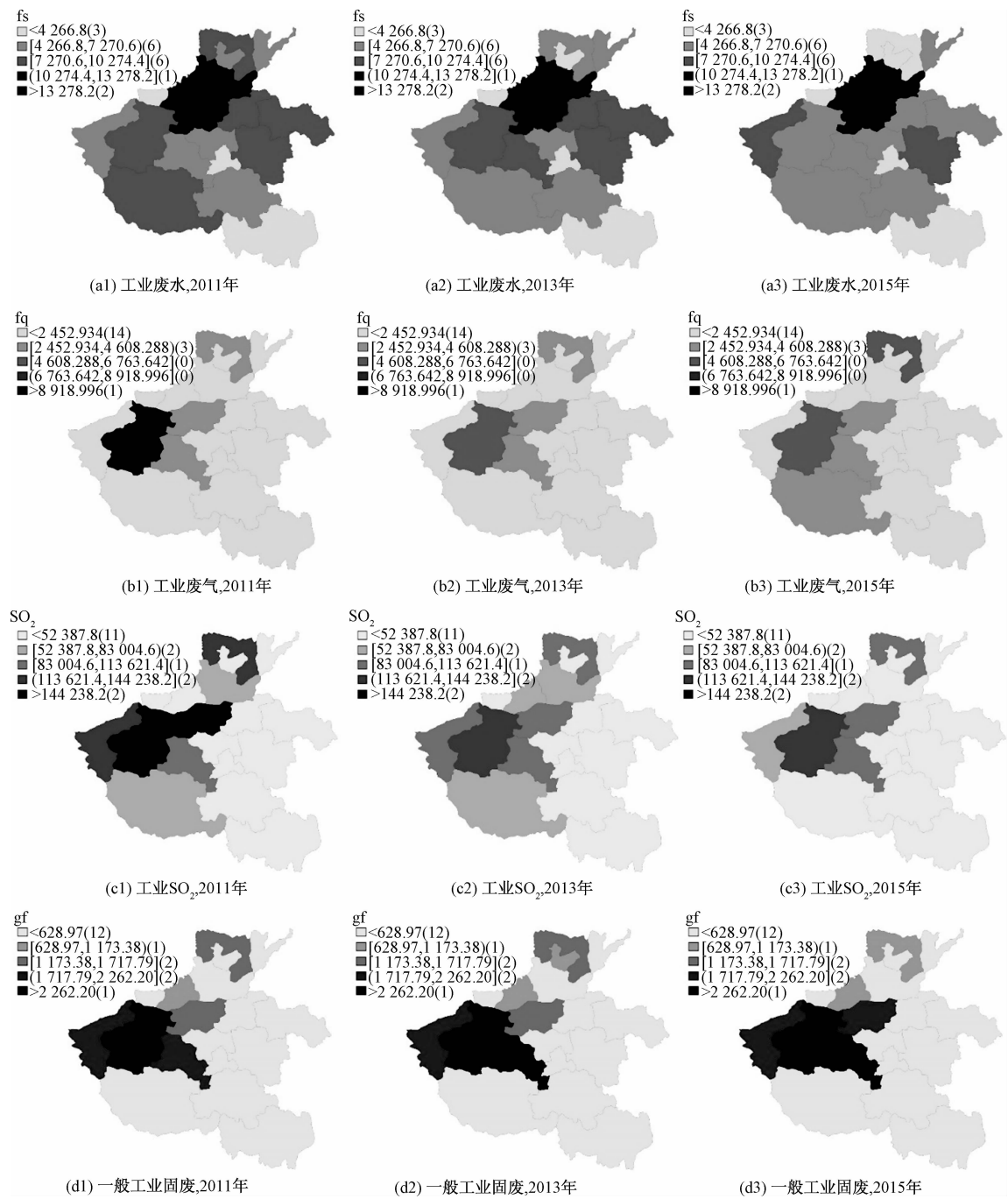


图 2 河南省各类工业污染物排放分布格局

工业总产值与工业废水排放的脱钩关系中(图 3a),河南省有 11 个地市处于绝对脱钩状态,表明其产业增长不会导致工业废水排放的增长;有 6 个地市处于相对脱钩状态,其中郑州市、焦作市、濮阳市、许昌市和周口市的脱钩指数在 0.5 以下,表明 2011—2015 年,其工业发展并没有带动相同幅度的工业废水排放增长;平顶山市处于衰退性脱钩状态,表明其工业废水排放与工业产值均减少,但工业废水排放规模递减速度大于经济递减速度,二者并没有稳定关

系;而济源市处于扩张性负脱钩状态,表明其产业增长导致了工业废水排放的增长。
工业总产值与工业废气排放的脱钩关系中(图 3b),河南省有 8 个地市处于绝对脱钩状态,有 8 个地市处于相对脱钩状态,其中 6 个地市的脱钩指数在 0.5 以下,表明 2011—2015 年,其工业发展并没有带动相同幅度的工业废气排放增长;而安阳市处于扩张性负脱钩状态,工业废气排放增速高于经济增速,表明其产业增长导致了工业废气排放的增长;平顶山市

处于绝对负脱钩状态,工业产值负向增长的同时,工业废气排放呈正向增长。

工业总产值与工业二氧化硫排放的脱钩关系中(图 3c),河南省有 17 个地市处于绝对脱钩状态,只有平顶山市处于绝对负脱钩状态,其产业负增长导致了工业二氧化硫排放的增长,二者有绝对关联。

工业总产值与一般工业固体废物排放的脱钩关系中(图 3d),河南省有 11 个地市处于绝对脱钩状态,5 个地市处于相对脱钩状态,而商丘市处于扩张性负脱钩状态,平顶山市处于绝对负脱钩状态,表明这两个地市工业总产值与一般工业固体废物排放有关联。

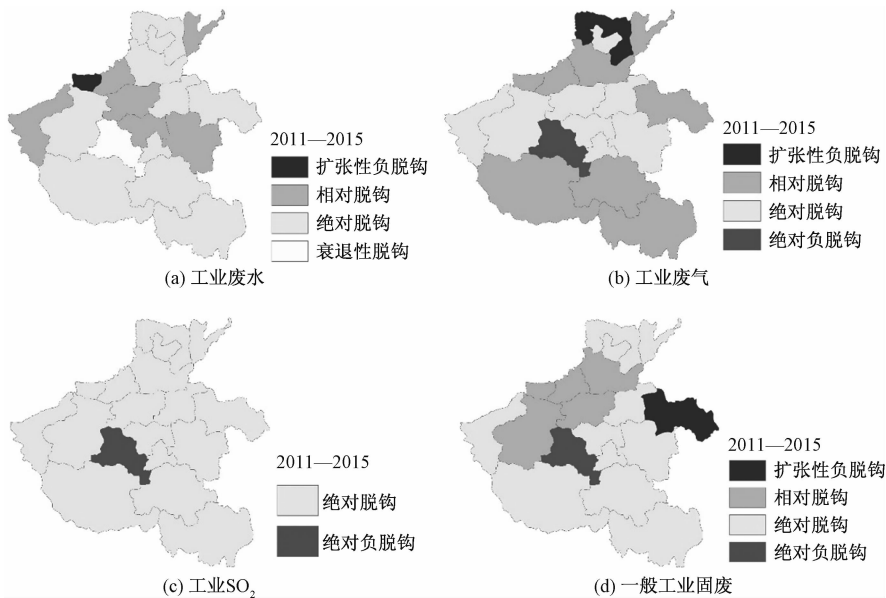


图 3 河南省工业发展与工业污染排放的脱钩关系分布格局

4 河南省工业污染排放的影响因素

4.1 工业污染排放影响因素的指数分解

通过 Kaya 方程,对 2011—2015 年河南省工业污染排放进行工业产值规模、行业结构、高污染排放行业排放强度和污染物来源行业结构的分解,获得最初的分解数据(表 1—表 4)。

表 1 河南省工业废水排放的影响因素分解结果

年份	工业产值 规模(亿元)	高污染排放 行业比重(%)	排放强度 (万吨/亿元)	污染物来源 行业结构(%)
2011	46 809.094	23.548	7.884	62.719
2012	52 788.954	21.290	7.581	62.071
2013	59 840.522	20.828	6.433	62.487
2014	68 095.834	20.531	5.567	60.375
2015	74 249.042	19.705	5.405	61.611

2011—2015 年河南省工业产值规模有明显地提高,增幅达 58.62%。工业行业结构也有一定程度的变化,工业废水高污染排放行业产值与工业总产值的比重基本维持在 20%左右,但呈现逐年下降的趋势。2011—2015 年,高污染行业的工业废水排放强度有

较明显得降低,整体下降幅度达 31.44%。表明在过去的几年中,河南省工业废水的高污染排放行业在生产技术上有较大地提高,并在排放治理方面投入使用大量末端治理设施,大大降低了单位产值的污染物排放量。通过计算 2011—2015 年的河南省工业废水排放的来源结构发现,60%以上的工业废水排放来自于高污染工业行业,但同时高污染行业所占比重有一定降低,从 2011 年的 62.719% 降低到 2015 年的 61.611%。

表 2 河南省工业废气排放的影响因素分解结果

年份	工业产值 规模(亿元)	高污染排放 行业比重(%)	排放强度(亿 标立方米/亿元)	污染物来源 行业结构(%)
2011	46 809.094	40.537	2.068	96.200
2012	52 788.954	39.087	1.587	93.548
2013	59 840.522	38.123	1.558	94.345
2014	68 095.834	36.996	1.473	93.669
2015	74 249.042	36.095	1.293	95.466

2011—2015 年河南省工业废气高污染排放行业在工业总产值中占较大比重,比值维持在 36%左右,表明在河南省工业结构中,高污染排放行业比重较

高,但呈现逐年下降趋势。2011—2015 年,高污染行业的工业废气排放强度有较明显地降低,整体下降幅度达 37.48%。通过计算 2011—2015 年的河南省工业废气排放的来源结构发现,高达 93%以上的工业废水排放来自于高污染工业行业,且所占比重有一定幅度地波动。

表 3 河南省工业二氧化硫排放的影响因素分解结果

年份	工业产值 规模(亿元)	高污染排放 行业比重(%)	排放强度 (吨/亿元)	污染物来源 行业结构(%)
2011	46 809.094	40.245	54.309	83.306
2012	52 788.954	38.918	45.333	82.503
2013	59 840.522	37.980	39.544	84.755
2014	68 095.834	36.876	33.260	81.135
2015	74 249.042	35.967	27.109	79.130

工业二氧化硫高污染排放行业在工业总产值中的比重虽在逐年下降但仍保持在 35%以上。2011—2015 年,工业二氧化硫高污染行业的排放强度由 2011 年的 54.31%下降到 2015 年的 27.11%,单位产值的污染物排放量有了明显的下降。而通过 2011—2015 年的河南省工业二氧化硫排放的来源结构发现,80%左右的工业二氧化硫排放来自于高污染工业行业,且 5 年间下降幅度不明显。

表 4 河南省一般工业固体废物排放的影响因素分解结果

年份	工业产值规 模(亿元)	高污染排放行 业比重(%)	排放强度 (万吨/亿元)	污染物来源 行业结构(%)
2011	46 809.094	35.505	0.765	87.250
2012	52 788.954	33.740	0.761	88.843
2013	59 840.522	31.103	0.783	89.593
2014	68 095.834	29.313	0.712	89.333
2015	74 249.042	26.976	0.634	86.212

2011—2015 年一般工业固体废物高污染排放行

业在工业总产值中的比重呈现逐年降低的趋势,下降了 8 个百分点。一般工业固体废物高污染排放行业的排放强度整体上有所下降,但降幅较小。通过计算 2011—2015 年的河南省一般工业固体废物排放的来源结构发现,86 %以上的一般工业固体废物排放来自于高污染工业行业,2011 年至 2014 年该比重逐渐上升,2015 年则有所下降。

4.2 各因素对工业污染排放变化的贡献度分析

基于以上数据,采用 LMDI 方法获得 2011—2015 年间四个因素对工业污染物排放规模变化的贡献度(表 5),通过分析各因素贡献度大小及其变化,确定不同因素对于河南省工业污染排放量变化的贡献程度的方向 and 变化。研究发现:

影响工业废水排放规模变化的因素主要为产值规模、产业结构和排放强度。工业产值规模因素的绝对值均为正值,排放强度和产业结构因素的绝对值为负值,说明工业总产值的增长加速了工业废水的排放,而排放强度的降低以及产业结构的调整导致工业废水排放量的减少。污染物来源行业部门因素的绝对值在 2011—2015 年期间有正值有负值,表明该因素对工业废水排放量的影响呈现波动。与工业废水排放量影响因素相同,排放强度的降低和产业结构的调整降低了工业废气排放量,但工业总产值规模增大制约了工业废气排放量的降低,污染物来源行业因素也未导致工业废气排放量的减少。工业总产值的增加、工业二氧化硫排放治理技术的不到位,导致工业二氧化硫排放量的增加,而排放强度以及产业结构因素有效控制了工业二氧化硫排放量的增加。与上述三种工业污染不同,“十二五”期间河南省一般工业固废排放量增加,最主要原因是工业总产值增长导致污染物排放增加的贡献度大于产业结构优化调整和排放强度降低导致污染物排放减少的贡献度。

表 5 2011—2015 年河南省工业污染排放的主要影响因素及贡献度

污染物	污染物排放量变化		产值规模因素		产业结构因素		排放强度因素		污染物来源行业因素	
	绝对值	贡献度	绝对值	贡献度	绝对值	贡献度	绝对值	贡献度	绝对值	贡献度
废水	-10 187	100	61 541	-604	-23 764	233	-50 341	494	2 377	-23
废气	-4 505	100	17 759	-394	-4 468	99	-18 091	401	294	-6
二氧化硫	-313 219	100	490 791	-156	-119 555	38	-739 165	235	54 710	-17
固体废物	145	100	6 758	4 650	-4 024	-2 769	-2 763	-1 901	175	120

5 结论与讨论

基于“十二五”时期河南省内 18 个地市工业发展与工业污染排放的时空格局及耦合关系,运用 LMDI 因素分解法,分别探讨工业产值规模、行业结构、高污

染排放行业排放强度和污染物来源行业对工业废水、废气、二氧化硫和一般固体废弃物排放量的影响及贡献度。研究发现:第一,在研究期内,有 16 个地市的工业总产值上升了一个或两个等级,其中郑州、洛阳

两城市位于工业总产值的最高组,而济源市和鹤壁市的工业总产值并未上升且一直处于最低组;第二,根据污染物排放的时空格局来看,不同地区排放的主要污染物种类不同,排放强度也不同,总体来看,豫西、豫北工业污染排放较为严重,其中郑州、洛阳在多项工业污染物排放中均处于最高值区,这与工业总产值水平的分布较为吻合;第三,通过脱钩指数分析来看,不同污染物与同一地市、不同地市与同一污染物之间的耦合关系存在差异性,说明不同污染物的产生、治理、减排程度在省内各地区之间存在差异性;第四,废水、废气、二氧化硫的排放总体上有减少的趋势,一般固体废弃物排放量则有所增加,在产值规模、产业结构、排放强度、污染物来源行业四个影响因素中,产业结构与排放强度可以减少污染物的排放,为正向影响因素,而产值规模和污染物来源行业因素增加了污染物排放量,为负向因素。

在本文研究期内,各地区污染物的减排基本依靠优化产业结构、提升工业生产工艺、采取末端治理的手段,说明河南省在“十二五”期间对于工业污染的治理成效客观,尤其在产业结构优化调整、生产技术提升以及严格治理方面效果显著,但是根据污染物来源行业因素的分析结果来看,污染物排放的主要来源仍旧是高污染行业,说明产业结构、生产工艺的提升并不彻底,因此在之后的工业发展过程中,应继续加强产业结构优化调整,改进传统的行业生产方式,引进清洁生产工艺,保证工业发展与环境治理的共同推进;同时应该重视一般固体废弃物的排放,加快产业转型,积极进行末端产品的加工环节提高固体废弃物的循环利用率,降低其对环境的污染。

参考文献

- [1] 吴跃明,张子珩,郎东锋. 新型环境经济协调度预测模型及应用[J]. 南京大学学报:自然科学版,1996(3):466—473.
- [2] 左其亭,陈嘻. 社会经济—生态环境耦合系统动力学模型[J]. 上海环境科学,2001(12):592—594,626.
- [3] 刘耀彬,李仁东,宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析[J]. 地理学报,2005(2):237—247.
- [4] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理,1999(2):76—82.
- [5] 马丽,金凤君,刘毅. 中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J]. 地理学报,2012,67(10):1299—1307.
- [6] 柴莎莎,延军平,杨谨菲. 山西经济增长与环境污染水平耦合协调度[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(1):130—134.
- [7] 王菲,董锁成,毛琦梁. 中国工业结构演变及其环境效应时空分异[J]. 地理研究,2014,33(10):1793—1806.

- [8] 胡志强,苗健铭,苗长虹. 中国地市工业集聚与污染排放的空间特征及计量检验[J]. 地理科学,2018,38(2):168—176.
- [9] 胡志强,苗健铭,苗长虹. 中国地市尺度工业污染的集聚特征与影响因素[J]. 地理研究,2016,35(8):1470—1482.
- [10] 傅京燕,周浩. 对外贸易与污染排放强度——基于地区面板数据的经验分析(1998—2006)[J]. 财贸研究,2011,22(2):8—14.
- [11] 徐圆. 经济增长、国际贸易对制造业污染排放强度的影响[J]. 经济科学,2010(3):50—60.
- [12] 陈祖海,雷朱家华. 中国环境污染变动的时空特征及其经济驱动因素[J]. 地理研究,2015,34(11):2165—2178.
- [13] 丁焕峰,李佩仪. 中国区域污染重心与经济重心的演变对比分析[J]. 经济地理,2009,29(10):1629—1633.
- [14] 赵海霞,蒋晓威,崔建鑫. 泛长三角地区工业污染重心演变路径及其驱动机制研究[J]. 环境科学,2014,35(11):4387—4394.
- [15] 王怀成,张连马,蒋晓威. 泛长三角产业发展与环境污染的空间关联性研究[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(S1):55—59.
- [16] 吴玉鸣,田斌. 省域环境库兹涅茨曲线的扩展及其决定因素——空间计量经济学模型实证[J]. 地理研究,2012,31(4):627—640.
- [17] 高爽,魏也华,陈雯,赵海霞. 发达地区制造业集聚和水污染的空间关联——以无锡市区为例[J]. 地理研究,2011,30(5):902—912.
- [18] 程磊磊,尹昌斌,米健. 无锡市工业 SO₂ 污染变化的空间特征及影响因素的分解分析[J]. 中国人口·资源与环境,2008(5):128—132.
- [19] 王西琴,何芬,张兵. 丽江市经济发展与环境污染水平的关系[J]. 地理研究,2010,29(5):927—934.
- [20] 马丽. 基于 LMDI 的中国工业污染排放变化影响因素分析[J]. 地理研究,2016,35(10):1857—1868.
- [21] 马丽,张博,杨宇. 东北地区产业发展与工业 SO₂ 排放的时空耦合效应[J]. 地理科学,2016,36(9):1310—1319.
- [22] VEHTAS J, LUUKKANEN J, KALVOOJA J. Material flows and economic growth[M]. Finland (Turku): Turku School of Economics and Business Administration,2003.
- [23] TAPIO P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001[J]. Transport Policy,2005,12(2):137—15.
- [24] PAGA E, GURER N. Reassessing energy intensities: a quest for new realism[J]. OPEC Review,1996,20(1):47—86.
- [25] OGAWAY. Factor analysis of regional and sectoral differences in energy consumption and CO₂ emissions[G]. Geneva: WG3 of IPCC,1991.
- [26] ANG B W. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? [J]. Energy Policy,2004,32(9):1131—1139.

(下转第 101 页)

Research on the Maintenance Cost Control System of the Power Grid Enterprise

MA Xing-bin¹, MENG Xiang-jun², DIAO Bai-qing²

(1. Shandong University of Science and Technology, Jinan 250031, China; 2. Shandong Electric Power Group Corporation, Jinan 250001, China)

Abstract: The maintenance of power supply network is more complex, there are so many influence factors that influence the cost of it in various ways, which caused the cost difficult to control. In order to solve this problem, the data analysis is used to establish the method of forecasting model, and the confidence interval of forecast error is made, which determine the range of the maintenance cost control. To improve the accuracy of the forecast, the historical data is used for causal clustering of the factor variables. Then, principal component analysis of the variables is conducted in each type of variable, and the dimension of the variable set is reduced. The neural network algorithm is used to construct the forecasting model and the error range is determined by the error property

Key words: cost control; power supply network; causal clustering; neural network; confidence interval

(上接第 78 页)

The Spatio-temporal Coupling Relationship between Industry
Development and Industry Pollution Emission in Henan

NIU Yi-yuan, WU Fan

(Research Institute of Yellow River Civilization and Sustainable Development & Collaborative Innovation
Center on Yellow River Civilization of Henan Province, Henan University, Kaifeng Henan 475001, China)

Abstract: The spatial-temporal pattern and coupling relationship between industrial output and pollutant emissions in Henan Province were analyzed using GeoDa spatio-temporal analysis and decoupling index. The factors and contribution of industrial pollution emission in Henan Province were discussed using Kaya equation and LMDI factor decomposition method. The research shows that: ① Various types of industrial pollution are relatively serious in western Henan and northern Henan, and local cities should carry out targeted pollution control and emission reduction; ② Industrial structure optimization and emission intensity reduction can reduce industrial pollutants. The increase in the scale of output value and the increase in the proportion of pollutant source industries are positively driving the emission of industrial pollutants.

Key words: industry development; industry pollution emissions; spatio-temporal analysis; decoupling; LMDI factor decomposition