

京津冀产业结构调整对大气污染物排放的影响效应

——基于向量自回归(VAR)模型的脉冲响应函数分析

石磊,王玥,程荣,边杨子

中国人民大学环境学院,北京 100872

摘要 京津冀地区已连续多年被大气污染问题所困扰,产业结构调整能够协调经济发展和环境保护之间的关系。为分析产业结构调整对大气污染的影响效应,选取1999—2015年京津冀地区产业结构和大气污染物排放数据,分别建立第二产业比例与SO₂、工业烟(粉)尘排放量的向量自回归(VAR)模型,并进行脉冲响应函数(IRF)分析。研究发现,产业结构调整对不同地区不同污染物的影响方向、影响大小、影响持续时间均有所差异。为了保证产业结构调整政策的高效实施,京津冀应以3年为政策调整参考周期,对于不同的污染物采取不同的控制手段,并联系本地实际开展大气污染物减排工作。

关键词 京津冀;产业结构调整;大气污染物排放;向量自回归模型;脉冲响应函数

1 研究背景

京津冀地区在政治、经济、文化、国际形象等方面有着不可替代的地位,却连续多年被大气污染问题所困扰。在区域协同发展背景下,各地大气污染物排放不仅受到本地发展影响,也受到区域发展影响。产业结构作为衡量国家经济发展水平的重要标准,其调整能够协调经济发展和环境保护之间的关系。《京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则》中,“调整产业结构,优化区域布局”被明确为一项重

点任务。分析产业结构调整对大气污染的影响效应,并从这一角度寻求经济发展和环境保护相互协调的方法,同时,分析区域中各行政单位环境经济的共性和差异,并从这一角度发掘区域联防联控的重点和特点,已成为区域大气污染物排放削减中亟需完成的研究任务。

国外对产业结构调整与环境污染之间关系的研究起步较早,1995年Michael E. Porter和Class van der Linde^[1]已经意识到,将环保主义凌驾于产业之上或将产业凌驾于环保主义之上的政策都不会取得长期的效

收稿日期:2018-03-04;修回日期:2018-06-09

基金项目:国家重点研发计划专项(2016YFC0209204)

作者简介:石磊,副教授,研究方向为人口、资源与环境经济学,电子信箱:shil@ruc.edu.cn;程荣(通信作者),副教授,研究方向为环境功能材料与环境生物学、环境规划与管理,电子信箱:chengrong@ruc.edu.cn

引用格式:石磊,王玥,程荣,等.京津冀产业结构调整对大气污染物排放的影响效应——基于向量自回归(VAR)模型的脉冲响应函数分析[J].科技导报,2018,36(15):24-31;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2018.15.003

益,应当对二者有平等的重视程度。在定性分析产生以后,该领域的定量研究也发展起来, Gene M. Grossman 和 Alan B. Krueger^[2]研究了产业结构变动与环境污染水平之间的倒“U”型关系; Giovanis^[3]基于对英国家庭的调查,对 EKC 曲线进行了微观经济层面的验证。随着研究的不断深入,学者们的分析更加专门化,开始对特定国家、特定排放物、特定行业开展有针对性的研究分析, Jeanjean 等^[4]针对英国牛津街建立环境经济模型,分析了 NO₂ 污染的缓解措施; Orihuela^[5]比较了智利和秘鲁两国 1990—2010 年主要大气污染行业—熔炼业的发展情况,从经济角度提出了治理大气污染的方法。

国内对产业结构调整与环境之间关系的研究始于 20 世纪 80 年代末,初期仅限于少数的宏观定性分析。1989 年叶树生^[6]定性地分析了通过产业政策来调整产业结构,最终获得高质量环境的思路。此后,研究方法由定性逐渐向定量过渡,研究尺度也向多维发展。程博等^[7]基于省级面板数据的实证检验,分析了经济增长、制度环境与大气污染之间的关系;郑石明和罗凯方^[8]基于 29 个省市的经验证据,运用面板校正标准误(PCSE)模型评估了 3 类政策工具对大气污染治理效率的影响。与此同时,研究内容逐渐细化到不同环境要素、不同空间地区等。田志华和王忠^[9]基于 VEC 模型,采用脉冲响应函数及方差分解技术,研究了广东省大气污染、水污染、固体废弃物污染与人均 GDP 之间的动态关系;齐园和张永安^[10]以京津冀为例,基于面板数据固定效应变系数模型和时间序列实证分析,研究了工业 SO₂ 在产业结构变动过程中所受到的影响。

综观国内外文献,研究产业结构调整对大气污染的影响主要有 EKC 曲线验证、时间序列分析、空间计量经济学方法 3 种方式。将产业结构、大气污染与其他因子结合的研究较多,将产业结构调整、大气污染物排放作为独立因子的研究较少,在此条件下得到的结果难免受到其他因子的干扰,一定程度上降低了准确性。以环境污染或大气污染综合指数作为研究对象的研究较多,以特定污染物作为研究对象的研究较少,采用综合指数虽然简洁,但在权重设置、指数计算等方面难免产生误差。在此基础上展开研究,选取京津冀这一典型地区,将京津冀产业结构调整 and 大气污染物排放作为独立因子,直接分析二者之间的影响效应,选取特定的污染物排放量为大气污染物排放指标,旨在直接、明确地为解决京津冀大气污染问题提供经济领域的参考。

2 数据与方法

2.1 指标选择

研究采用 1999—2015 年京津冀产业结构和大气污染物排放的时间序列数据。根据数据的准确性、可获得性以及时间序列的长度,令产业结构调整通过第二产业比例的变动来体现,大气污染物以工业烟(粉)尘与 SO₂ 为代表。北京市地区生产总值(GDP)、第二产业产值来源于《北京市统计年鉴 2000—2016》,SO₂ 总排放量、工业烟(粉)尘排放量数据来源于《中国统计年鉴 2000—2016》;天津市与河北省的 GDP、第二产业产值来源于国家统计局,SO₂ 总排放量、工业烟(粉)尘排放量数据分别来源于《天津环境统计公报 2000—2016》《河北环境统计公报 2000—2016》。数据的描述性统计如表 1 所示。

表 1 产业结构调整与大气污染物排放指标数据描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of industrial structure adjustment and air pollutant emission data

地区	分类	第二产业产值 占比/%	SO ₂ 排放 总量/t	工业烟(粉) 尘排放量/t
北京	平均值	26.35	151418.8	54050.9
	中位数	25.48	151909.0	39841.0
	最大值	33.87	280000.0	156500.0
	最小值	19.74	71134.0	12987.0
	标准差	4.32	59069.1	40027.1
	偏态	21.44	0.3893	1.7089
	峰态	177.17	2.3195	4.8483
	天津	平均值	51.93	237059
中位数		51.87	235150	100685.7
最大值		55.21	329900	209500
最小值		46.58	167200	73000
标准差		2.44	35534.43	35613.11
偏态		-30.60	0.516643	1.483016
峰态		245.46	4.481472	4.912594
河北		平均值	51.23	1316806
	中位数	51.97	1326000	1354220
	最大值	54.34	1545000	1821000
	最小值	48.27	1095947	821000
	标准差	2.01	137832.9	261670.6
	偏态	-21.43	-0.06215	0.00615
	峰态	165.56	1.978146	2.892549

2.2 模型选取

1980 年, Christopher A. Sims 对联立方程模型进行了批判,认为其没有体现变量之间的动态关系,预测效

果往往不如单变量时间序列,同时提出了 VAR 模型^[11]。对于 K 个变量构成的向量 $y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt})'$, 当滞后阶数 p 已知时, VAR(p) 的表达式为

$$y_t = v + A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t \quad (1)$$

式中, $A_1 - A_p$ 为变量系数; v 为常数; u_t 为随机误差。

这种模型建立方法的优点在于考虑了变量之间的动态特征,但变量之间的结构关系无法从 VAR 模型中直接观测出来,有关变量之间的影响效应需要通过因果性分析方法来进行研究。脉冲响应函数便是实现这项功能的一种有效方法,它通过分析特定变量对来自其他变量冲击的响应,从反应期数推进层面得出变量之间的因果关系。

产业结构调整对大气污染物排放的影响具有宏观性、动态性等特征,需要在较长的时间跨度上进行分析,且大气污染物排放不仅受到其本身滞后效应的影响,也受到产业结构调整滞后效应的影响,VAR 模型能够很好地拟合这种系统的动态性。研究产业结构调整

对大气污染物排放的影响效应,相当于研究大气污染物排放对来自产业结构变动冲击的响应,脉冲响应函数不失为一种准确而直观的分析方法。

3 向量自回归模型建立

以变量“SO₂”代表指标“SO₂总排放量”,变量“dust”代表指标“工业烟(粉)尘排放量”,变量“tsi(the second industry)”代表指标“第二产业产值占比”。使用 EViews 软件分别建立京津冀第二产业比例(tsi)与当地二氧化硫(SO₂)、工业烟(粉)尘(dust)两种主要大气污染物排放量的 VAR 模型。

3.1 条件检验

序列平稳是避免出现伪回归,保证 VAR 模型和 IRF 方法有意义的必要前提。本研究采用单位根方法,对北京、天津、河北的时间序列数据分别进行平稳性检验,3 组变量的检验结果见图 1。

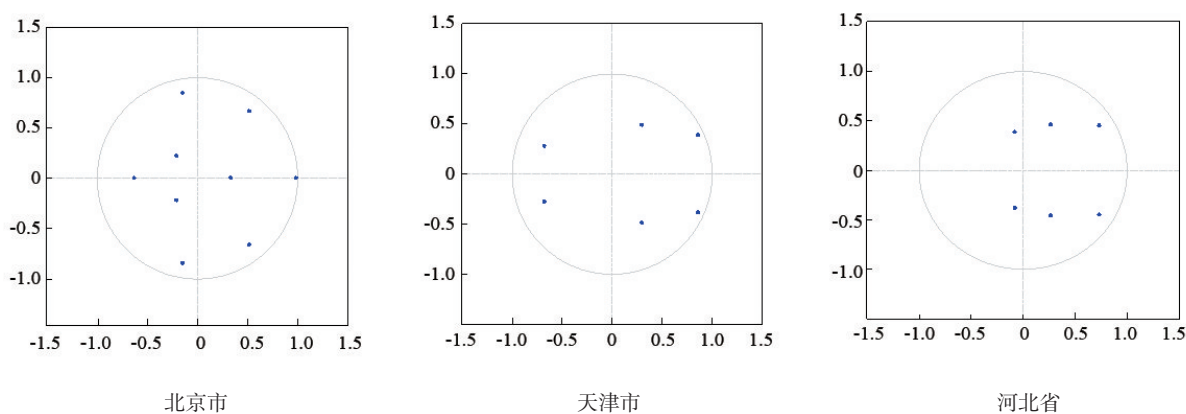


图1 京津冀时间序列单位根分布

Fig. 1 Unit root distribution of Beijing-Tianjin-Hebei region

可见,3组变量均无单位根在单位圆之外,这表明序列是平稳的,满足建立 VAR 模型进行脉冲响应函数分析的要求。

3.2 滞后阶数确定

滞后阶数决定了 VAR 模型中变量被研究的期数,综合 VAR 模型的似然比检验(Likelihood Ratio, LR),有限预测误差准则(Final Prediction Error, FPE),赤池信息准则(Akaike Information Criterion, AIC),施瓦茨准则(Schwarz Criterion, SC)以及 Hannan-Quinn 准则(Han-

nan-Quinn Criterion, HQ),实现待建 VAR 模型的滞后阶数确定,以“*”标记出依据相应准则选择出来的最优滞后阶数,得到如表 2 所示的结果。

根据表 2 显示的结果,对于北京和天津,有 4 项指标选择滞后阶数为 3;对于河北,则有 4 项指标选择滞后阶数为 2。以绝大多数指标所选择的滞后阶数作为建立 VAR 模型的最优滞后阶数,即北京、天津、河北 VAR 建模的滞后阶数最终选择为 3、3、2。

表2 京津冀VAR建模滞后阶数选择参照

Table 2 Lag orders selection of VAR model in Beijing-Tianjin-Hebei region

地区	Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
北京	0	-263.0045	NA	6.40×10^{12}	38.00065	38.13759	37.98797
	1	-224.9604	54.34870	1.06×10^{11}	33.85149	34.39925	33.80079
	2	-207.2289	17.73158*	3.90×10^{10}	32.60412	33.56271	32.51539
	3	-179.0653	16.09346	5.58×10^9 *	29.86647*	31.23588*	29.73971*
天津	0	-275.1827	NA	3.65×10^{13}	39.74038	39.87732	39.72770
	1	-259.8141	21.95502	1.54×10^{13}	38.83059	39.37835	38.77989
	2	-230.7981	29.01608*	1.13×10^{12}	35.97115	36.92974	35.88242
	3	-215.5164	8.732389	1.02×10^{12} *	35.07377*	36.44318*	34.94700*
河北	0	-337.3249	NA	2.61×10^{17}	48.61785	48.75479	48.60517
	1	-313.2986	34.32334*	3.21×10^{16}	46.47123	47.01899	46.42052
	2	-300.9012	12.39735	2.53×10^{16} *	45.98589*	46.94448*	45.89716*
	3	-294.9951	3.374914	8.69×10^{16}	46.42788	47.79728	46.30111

注:以*标记出依据相应准则选择出来的最优滞后阶数。

4 脉冲响应函数分析

将产业结构调整有关变量(*tsi*)作为产生新息影响的方程因变量,通过输出的脉冲响应函数,分别分析京津冀产业结构调整有关变量的变动和冲击对大气污染物排放有关变量产生的影响作用,并从中找出各地区的差异和共性。输出的结果如图2~图4所示,其中横轴表

示反应期数,纵轴表示反应幅度,实线表示随着预测期数的增加,大气污染物排放变量对产业结构变量一个标准差新息的脉冲响应,虚线表示在相应脉冲响应图像两侧上下两倍标准差的置信带;曲线位于“0”轴上方,表明该大气污染物排放的反应与产业比例的变动方向一致;曲线位于“0”轴下方,则表明大气污染物排放与产业比例的变动呈现负向相关的关系。

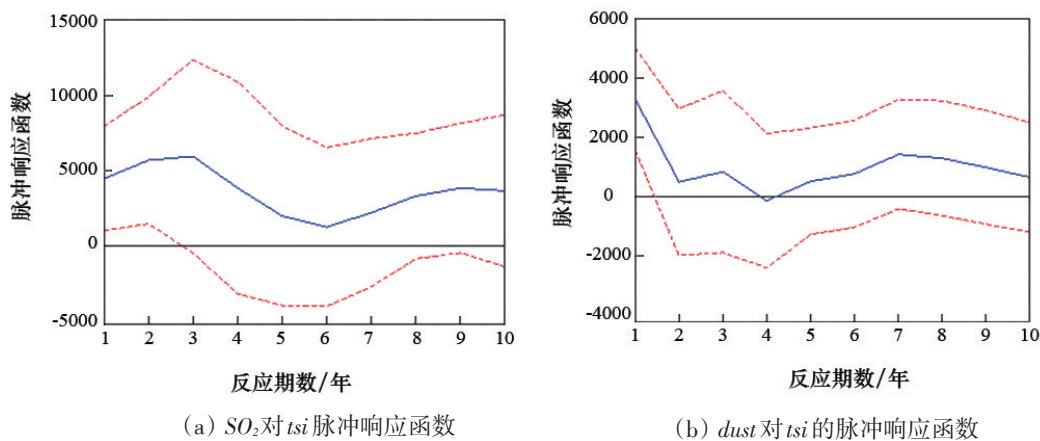


图2 北京市大气污染物排放对当地产业结构调整脉冲响应函数

Fig. 2 Air pollutant's impulse response function to industrial structure adjustment in Beijing

可见,北京市产业结构调整对大气污染物排放的影响具有明确的方向性,第二产业比例的下降将对大气污染物减排起到较为明显的作用。然而这种作用因污染物种类的不同而有所差异,对 SO_2 排放的作用具有显著性、持续性的特点,在整个研究期数内,脉冲响应曲线始终处于横轴上方,在第3期达到峰值、在第6期

达到谷值,后有所回升,在第10期仍未表现出明显的稳定趋势;对工业烟(粉)尘的作用具有波动性、短期性的特点,在第1期内,工业烟(粉)尘排放量对来自第二产业比例变动的反应迅速而强烈,但从第2期开始,这种影响急剧下降,小幅的回升后在第4阶段降到最低值,甚至转移到横轴下方。

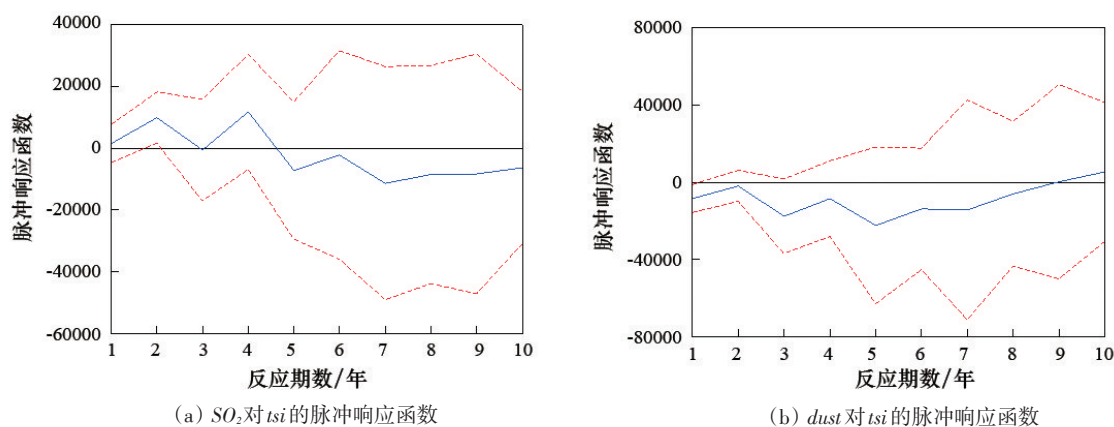


图3 天津市大气污染物排放对当地产业结构调整脉冲响应函数

Fig. 3 Air pollutant's impulse response function to industrial structure adjustment in Tianjin

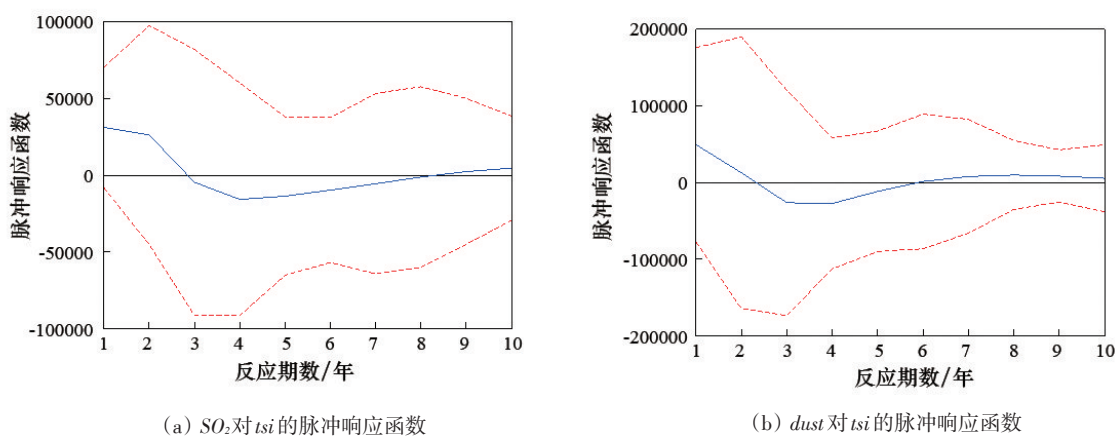


图4 河北省大气污染物排放对当地产业结构调整脉冲响应函数

Fig. 4 Air pollutant's impulse response function to industrial structure adjustment in Hebei

这种响应模式说明,对于北京市来说,在产业结构调整的有关政策制定之后, SO_2 的排放将会受到10年及更长时间下的长期影响,此时方向正确的产业政策能够在长期内保持较好的实施效果,其调整成本较低而环境效益较高;然而政策方向一旦出现偏差,其对大气污染物排放所造成的不良影响也将持续存在,导致北京市大气污染治理难度的上升。不同的是,工业烟(粉)尘排放受到的影响仅能持续4年左右,这意味着很可能出现有关政策在实施初期收效显著,初期过后效用便迅速降低甚至出现失效的情况,这种响应模式要求合理地把握政策的制定、评价、修改和完善周期,周期过长将导致出现一定时段的政策失效期,延误污染物减排进程,周期过短则会增加不必要的成本,造成人力、物力的浪费。

根据图3所示,天津市产业结构调整对大气污染物

排放的影响呈现出波动的态势,这种影响同样因污染物而异。对 SO_2 的脉冲响应在前4期处于“0”轴上方,在4至5年间下降至“0”轴以下,后向横轴波动趋近;对工业烟(粉)尘的脉冲响应则在前9期均处于横轴下方,直到第9期以后才向横轴上方转变。

这表明对于天津市来说,产业结构调整对 SO_2 的减排作用主要表现在政策初期,在政策制定后的4至5年间, SO_2 的减排效果将逐渐减弱甚至起到反作用,这就要求政策制定者在反作用出现之前,及时根据社会经济发展的实际情况修改、完善相应的政策。与 SO_2 的情况不同,产业结构调整并不能显著改善烟(粉)尘的排放状况,因此天津市不能只关注于调整产业结构,而需要充分调动社会的各个层面,共同完成大气污染物减排目标。

通过图4可以看出,河北省产业结构调整对本研究

范围内2种大气污染物排放的影响具有类似的趋势。对于SO₂和工业烟(粉)尘的影响都是在初期显著,后逐渐下降,在第2至3年期间转变为负向,后缓慢回升至正向一侧。

这说明,在政策制定的初期,第二产业比例的下降会对河北省SO₂与工业烟(粉)尘的排放产生显著的正向影响,但在第2至3年期间,影响效应将逐渐减弱,接下来将会出现持续时间较长的负面效应,虽然之后又有所回升,但在大气污染物亟待减排的当下,第2至3年间的政策调整节点仍不可忽略。在此情况下,周期性的政策评估与修订显得尤为必要。

从影响的方向来看,宏观上,京津冀地区的产业结构调整对该区域的大气污染物排放能够起到一定的抑制作用,然而由于各地实际情况不同,也存在如天津市工业烟(粉)尘的特例,也就是说,产业结构调整并不能对区域内所有地区的所有污染物都起到减排作用。

从影响的大小来看,SO₂排放受到的影响较大,工业烟(粉)尘排放受到的影响较小;对北京市和河北省的大气污染物排放影响较大,对天津市的影响较小。

从影响的持续时间来看,产业结构调整对京津冀地区SO₂排放的影响时间更长,且第二产业比例的减少对SO₂排放产生的正向作用更为持久,而对于工业烟(粉)尘来说,产业结构调整的正面影响多集中在初期,持续时间较短;在北京和天津,产业结构调整对大气污染物排放的正面影响可以持续到4年及以上,而河北则会在2~3年内出现失效期甚至反作用期。

5 结论与建议

京津冀产业结构调整对大气污染物排放的影响效应既有共性,也有区别。产业结构调整的确能够对本研究中所选污染物的排放产生影响,除天津市工业烟(粉)尘外,在第二产业比例产生新息变动的前两期,京津冀地区的大气污染物排放都会有显著的正向响应,这种初期显著的响应模式将对政策制定者和实施者起到一定的激励作用,然而在显著期结束后,产业结构调整的作用会减弱,甚至起到反作用,此时如果不及时对政策进行评估和修订,大气污染物减排行动也许会事与愿违。

在区域联防联控的同时,也不能忽略区域中不同行政主体之间、同一行政主体不同污染物之间的差

异。比如在本研究范围内,河北省的主要大气污染物受到产业结构调整的影响变化相近,在政策制定时便可以进行综合治理;北京市和天津市的主要大气污染物受到的影响差别较大,在治理时便要注意个别区分;除此之外,与天津市工业烟(粉)尘类似的,受产业结构调整影响不大的大气污染物,应从其他方面寻找突破。

综合考虑京津冀地区的实际情况,结合研究结果,对京津冀区域的产业结构调整提出如下政策建议:

1) 为了保持政策的高效实施,综合考虑北京、天津、河北的政策有效期,应以3年为京津冀地区政策调整参考周期,定时对区域大气污染物减排的有关政策进行评估和完善。保证在政策效用递减到最低值之前调整政策,以维持对应污染物的减排进程。在此基础上,北京、天津、河北可根据自身产业结构和污染物排放特点,制定适应于本地的政策调整周期。

2) 对于不同的污染物,应采取不同的控制手段。产业结构调整对SO₂排放的抑制作用较强,时间也较长,是控制SO₂排放的有效手段;而对于工业烟(粉)尘来说,产业结构调整所起到的减排作用并不明显,作用持续时间也较短,因此应从能源结构调整、移动源排放控制、技术进步与应用等其他方面寻找突破口。

3) 联系京、津、冀3地的实际情况,北京市2015年第二产业比例约为19.7%,基本达到了发达国家水平,可调整空间不大,在今后的工作中,应利用北京特殊的政治、文化优势大力发展总部经济将第二产业向资源节约型、环境友好型、人才集中型的道路上引导。天津市2015年的第二产业比例约为46.6%,仍有调整潜力,但该市存在着如“工业烟(粉)尘”等对产业结构调整反映不明显的污染物,因此要实现减排目标,不能仅专注于产业结构调整一个方面,而应结合能源、技术等多个领域综合治理。河北省2015年的第二产业比例为48.3%,在京津冀区域中调整潜力最大,且该省污染物受到产业结构调整的影响也较为明显,今后仍然可以将产业结构调整作为大气污染物减排中的一项重点工作。

参考文献(References)

- [1] Porter M E, Claas V D L. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4): 97-118.
- [2] Grossman G M, Krueger A B. The inverted-U: What does it

- mean?[J]. *Environment and Development Economics*, 1996, 1(1): 119-122.
- [3] Giovanis E. Environmental Kuznets curve: Evidence from the British Household Panel Survey[J]. *Economic Modelling*, 2013, 30(1): 602-611.
- [4] Jeanjean A P R, Gallagher J, Monks P S, et al. Ranking current and prospective NO₂ pollution mitigation strategies: An environmental and economic modelling investigation in Oxford Street, London[J]. *Environmental Pollution*, 2017, 225: 587-597.
- [5] Orihuela J C. The environmental rules of economic development: Governing air pollution from Smelters in Chuquicamata and La Oroya[J]. *Latin America Study*, 2014, 46(1): 151-183.
- [6] 叶树生. 保护生态环境的产业经济政策[J]. *学术论坛*, 1989, (5): 46-49.
Ye Shusheng. Industrial economic policy for protecting ecological environment[J]. *Academic Forum*, 1989, (5): 46-49.
- [7] 程博, 何磊, 阮丞华. 经济增长、制度环境与大气污染——基于省级面板数据的实证检验[J]. *重庆工商大学学报(社会科学版)*, 2018, 35(1): 27-41.
Cheng Bo, He Lei, Ruan Chenghua. Economic growth, institutional environment and air pollution—An empirical test based on provincial panel data[J]. *Journal of Chongqing Technology and Business University(Social Science Edition)*, 2018, 35(1): 27-41.
- [8] 郑石明, 罗凯方. 大气污染治理效率与环境政策工具选择——基于29个省市的经验证据[J]. *中国软科学*, 2017, 2(9): 184-192.
Zheng Shiming, Luo Kaifang. Air pollution control efficiency and environmental policy tool selection—Based on empirical evidence from 29 provinces and cities[J]. *China Soft Science*, 2017, 2(9): 184-192.
- [9] 田志华, 王忠. 广东省环境污染与经济增长的动态关系——基于向量误差修正模型的实证研究[J]. *广东商学院学报*, 2013, 28(6): 4-10.
Tian Zhihua, Wang Zhong. Dynamic relationship between environmental pollution and economic growth in Guangdong province—An empirical study based on vector error correction model[J]. *Journal of Guangdong University of Business Studies*, 2013, 28(6): 4-10.
- [10] 齐园, 张永安. 产业结构演变与工业二氧化硫排放的关系——以京津冀为例[J]. *城市问题*, 2015, (6): 54-62.
Qi Yuan, Zhang Yongan. The relationship between industrial structure evolution and industrial sulfur dioxide emission—Taking Beijing-Tianjin-Hebei as an example[J]. *Urban Problems*, 2015, (6): 54-62.
- [11] Christopher A. Sims, *macroeconomics and reality* [J]. *Econometrica*, 1980, 48(1): 1-48.
- [12] 阎育梅. 京津冀及周边地区大气污染防治协作机制建设[J]. *中国机构改革与管理*, 2018, (1): 51-53.
Yan Yumei. Construction of collaborative mechanism for air pollution prevention and control in Beijing-Tianjin-Hebei and surrounding areas[J]. *China Institutional Reform and Management*, 2018, (1): 51-53.
- [13] 易丹辉. *数据分析与EViews应用*[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008: 207-224.
Yi Danhui. *Data analysis and EViews application*[M]. Beijing: Renmin University of China Press, 2008: 207-224.
- [14] 曹慧丰, 毕巍强, 曾诗鸿. 产业结构调整的大气污染治理效应——以河北省为例[J]. *管理世界*, 2015, (12): 182-183.
Cao Huifeng, Bei Weiqiang, Zeng Shihong. The effect of air pollution control on industrial structure adjustment—Taking Hebei Province as an example[J]. *Management World*, 2015, (12): 182-183.
- [15] 马丽梅, 张晓. 区域大气污染空间效应及产业结构影响[J]. *中国人口、资源与环境*, 2014, 24(7): 157-164.
Ma Limei, Zhangxiao. Regional air pollution spatial effects and industrial structure impacts[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(7): 157-164.

Effects of industrial structure adjustment on air pollutant emission in Beijing–Tianjin–Hebei region

—Based on the impulse response function of VAR model

SHI Lei, WANG Yue, CHENG Rong, BIAN Yangzi

School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China

Abstract The Beijing–Tianjin–Hebei region has been plagued by atmospheric pollution for many years. Adjustment of industrial structure can harmonize the relationship between economic development and environmental protection. Studying the effect of industrial restructuring on air pollution has become an urgent task in reduction of regional air pollutant emissions. At present, the research on the impact of industrial structure adjustment on air pollution mainly adopts three methods: EKC curve verification, time series analysis, and spatial econometric method. This research selects time series data of Beijing, Tianjin and Hebei's industrial structure and certain air-pollutant emissions during 1999 to 2015 to establish the vector autoregressive (VAR) models for the secondary industry proportion, sulfur dioxide and industrial smoke (dust) emissions, then completes the impulse responses function (IRF) analysis. The findings are that the impact of industrial structure adjustment on different pollutants in different regions are various in terms of direction, degree and duration. In terms of the direction, industrial restructuring cannot reduce emissions of all pollutants in all provinces. In terms of the degree, SO₂ emissions are greatly affected and industrial dust emissions are less affected; emissions in Beijing and Hebei are greatly affected, while the impact in Tianjin is small. In terms of the duration, SO₂ can be affected for a long time, but the impact on industrial dust can't last long. In Beijing and Tianjin, the positive impact can last for at least 4 years, while Hebei has only a period not longer than 2~3 years. Therefore, to ensure a high efficiency of industrial restructuring policies, Beijing–Tianjin–Hebei should take a three-year reference cycle to adjust the policies. Besides, different control methods should be adopted for different pollutants. And air pollutant emission reduction work should match the local reality.

Keywords Beijing–Tianjin–Hebei; industrial structure adjustment; air pollutant emissions; vector autoregression model; impulse response function ●



(责任编辑 祝叶华)