

· 环境预警 ·

DOI:10.3969/j.issn.1674-6732.2017.05.002

江苏省工业发展与大气污染物排放的时空演变关系

田颖, 沈红军

(江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036)

摘要: 选取2001—2014年的相关数据, 采用环境库兹涅茨曲线(EKC曲线)模型和物理学的区域重心模型, 分析了江苏省工业发展与大气污染物排放的时空演变关系。结果表明, 2001年以来, 随着工业总产值的增加, 工业废气排放量呈现增加的趋势, 虽然增加幅度有所减缓, 但是拐点还未出现, 而SO₂和烟粉尘排放强度已经跨过EKC曲线高峰进入二者协调发展的新阶段。时空演变关系表明, 工业总产值和污染物排放强度重心均有较大的移动, 并且二者的移动方向呈现相反的趋势, 而SO₂和烟粉尘排放强度重心的移动方向具有相同的趋势, 并且移动幅度接近。指出, 当污染物减排到一定程度时, 新的技术和政策措施必须同步发展, 才能使污染物排放得到进一步控制, 最终进入第五个阶段。

关键词: 大气环境; 工业化; 环境EKC曲线; 时空变化; 二氧化硫; 烟粉尘; 江苏

中图分类号: X823

文献标志码: B

文章编号: 1674-6732(2017)05-005-05

Temporal and Spatial Evolution of Industrial Development and Air Pollutant Emission in Jiangsu Province

TIAN Ying, SHEN Hong-jun

(Jiangsu Provincial Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

Abstract: Based on the data of 2001—2014, the evolution of relationship between spatial development and industrial emissions of air pollutants of Jiangsu province were analyzed by models of environmental Kuznets curve (EKC) and regional center model. Results showed that; since 2001, with the increase of gross industrial product, the amount of industrial waste gas emissions has increased, and the increase has slowed down, but the turning point has not yet appeared, while sulfur dioxide and smoke dust emission intensity had stepped over “high peak” of EKC and gone into the new stage that both were developing harmoniously. The relationship between time and space evolution shows that the focus of the industrial development and the intensity of the emission intensity of the pollutants are moving, and the moving direction showed the opposite trend, meanwhile, the focus of sulfur dioxide and smoke dust emission intensity had the same trend and close moving amplitude. However, when the pollutant emission reduction to a certain extent, new technology and policy measures must be developed in order to further control the emission of pollutants, and enter the fifth stage.

Key words: Atmospheric environment; Industrialization; Environmental Kuznets Curve; Temporal and spatial variation; SO₂; Smoke powder; Jiangsu

环境污染是工业发展的产物, 在工业化起步发展的初期, 能源和水资源消耗日益剧增, 工业废弃物的排放量同步增长, 环境质量开始恶化; 当工业发展到一定程度, 进入后工业化时代, 污染治理技术随之提高, 技术改造与结构调整使得环境污染逐渐降低。从长时间范围来看, 工业社会的环境质量经过一个先变坏后变好的过程, 这种转化关系最早是由美国学者 GROSSMAN 和 KRUEDER 发现的, 被称为环境库兹涅茨曲线(EKC曲线)^[1-3]。

EKC曲线提出后, 引起了国际社会的广泛讨

论与实证研究, GROSSMAN^[1], SHAFIK^[4], SELDEN^[5], PANAYOTOU^[6]等认为: 随着收入水平的提高, 环境质量先破坏再好转, 即环境破坏与收入水平呈倒“U”形曲线。近年来, 国内学者针对某些地区的EKC曲线进行了实证研究, 如陆虹^[7]

收稿日期: 2016-10-13; 修订日期: 2017-07-30

基金项目: 江苏省第四期“333工程”培养基金资助项目 (BRA2014376)

作者简介: 田颖(1982—), 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事环境质量综合分析、地理信息系统等研究工作。

关于中国环境质量与经济发展的关系分析,朱智滔^[8]关于中国水环境 EKC 曲线的分析,胡明秀^[9]等关于武汉市工业“三废”排放量的计量模型研究等。

现利用江苏省统计年鉴和环境统计数据,探讨江苏省工业经济发展与大气污染物排放的 EKC 曲线以及二者在时空变化上的相关关系。

1 研究方法

1.1 工业发展与环境质量关系的理论模型

工业发展与环境质量的关系,一般表现为随工业经济的发展,环境污染程度先升高后下降,但根据不同时期和不同地区的发展轨迹,可以用以下 2 个模型来表示二者的关系,即环境与发展关系的 3 条路径与 5 个阶段^[10]。

1.1.1 环境质量与工业发展的 3 条路径

按照环境质量与经济发展的协调程度,可形成 3 条发展轨迹(图 1)。

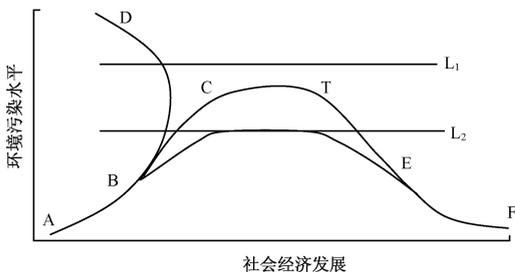


图 1 环境与发展关系的 3 条路径

(1) 曲线 ABCD 是环境与经济不可可持续发展曲线。是在环境与经济发展极不协调的情况下形成的,经济发展以环境质量退化为代价,超过警戒线 L_1 又没及时治理,导致环境质量急剧退化,引起经济与环境系统的最终崩溃。完全沙漠化的森林、草原就是 ABCD 曲线的典型代表;

(2) 曲线 ABCTEF 是典型的倒“U”字形 EKC 曲线。在经济发展的初期,资源消费速率超过资源再生速率,废弃物数量和浓度过度增加,致使环境质量与经济发展极不协调。随着经济水平的提高,产业结构向信息密集型产业转变,人们对环境质量的要求越来越高,环保法规进一步严格,更好的技术和更多的环境投入使环境退化现象逐步减缓和消失,环境与经济发展趋于协调。发达资本主义国家所走过的道路就是 ABCTEF 曲线的典型

代表;

(3) 曲线 ABEF 是可持续发展曲线。在环境-经济协调发展的前提下,以科技为先导,实行环境、经济和社会的综合措施,尽量减少环境影响,寻求经济增长,降低 EKC 曲线的峰值,使其不超过环境承载阈限 L_2 ,走经济发展与环境质量最佳动态关系的发展通道。

1.1.2 环境质量与经济发展的 5 个阶段

将环境-经济发展的轨迹根据其特点划分为 5 个阶段(图 2):第一阶段经济发展水平与环境污染水平两低,主要表现在人类工业化前或初期,在这期间人类活动对环境的影响很小,污染物的排放远小于环境容量,环境的自净能力能够解决人类对环境的负效应;第二阶段社会经济和环境污染都加速发展,主要表现在工业化加剧,环境污染和经济发展的关系表现为正相关关系,也就是说经济的发展势必会带来环境污染;第三阶段人类在经历了比较严重的环境污染之后,开始严格控制污染物的排放量,并取得了较为显著的成绩,在此阶段污染水平达到顶点后逐步下降;第四阶段环境污染与经济发展的关系表现为负相关关系,经济得到发展的同时,环境质量得到不断改善;第五阶段环境和经济双赢,低环境污染水平的同时保持高经济发展水平。

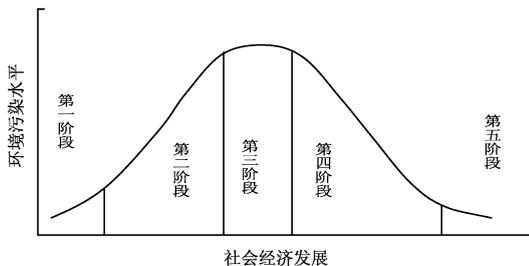


图 2 环境与发展关系的 5 个阶段

1.2 工业发展与大气污染物排放的时空变化

采用物理学的区域重心模型建立工业发展与大气污染物排放关系模型,该模型可以很好地从空间上描述工业发展与环境质量关系的时空演变过程^[11-12],揭示其空间变化特征,重心坐标(经纬度)计算见公式(1)(2)。

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ii}} \quad (1)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ii}} \quad (2)$$

式中: X_t, Y_t ——第 t 年区域污染物排放强度的经纬度坐标;

C_{ii} ——第 t 年 第 i 个城市污染物排放强度差;

X_i, Y_i ——第 i 个城市的经纬度坐标;

n ——研究区域城市总个数。

2 结果分析

2.1 工业总产值与工业废气的排放关系

采用 2001—2014 年时间序列数据, 系统分析江苏省自“十五”以来工业总产值和工业废气排放、工业 SO_2 以及工业烟粉尘排放强度的关系。数据来自江苏省统计年鉴和环境统计数据。

2.1.1 工业总产值与工业废气排放量的关系

图 3 为江苏省 2001—2014 年工业总产值与工业废气排放量的拟合曲线。

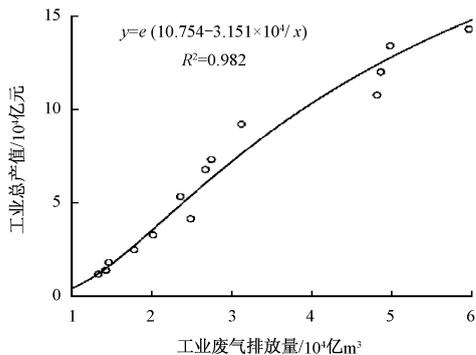


图 3 2001—2014 年江苏省工业总产值与工业废气排放量拟合曲线

由图 3 可见, 随着工业总产值的增加, 工业废气排放量呈上升趋势, 但是增加的幅度有所减缓, 单位工业产值的废气排放强度有所下降, 2014 年较 2001 年下降了 50.78%。二者拟合曲线基本类似图 1 中 ABC 段, 工业废气排放量随着工业总产值的增长而升高, 从 2011 年开始废气排放量的增加幅度在逐渐缩小, 但是拐点还未出现。此阶段类似图 2 中的第二阶段, 即随着经济的发展, 污染物排放量仍在不断增加, 但是由于开始严格控制污染

物排放量, 并取得了较为显著的成绩, 因此, 在这个阶段虽然环境质量仍在不断恶化, 但污染物排放增量在减少, 当污染物排放达到顶点后会逐步下降, 进入第四阶段。

2.1.2 工业总产值与工业 SO_2 排放强度的关系

图 4 为江苏省 2001—2014 年工业总产值与工业 SO_2 排放强度的拟合曲线。从图中可看出, SO_2 排放强度随着工业总产值的增加呈现下降的趋势, 2010 年较 2001 年下降了 88.17%, 下降幅度较大, 2011 年之后下降的幅度逐渐变小, 2014 年较 2011 年下降了 40%。

拟合曲线与图 1 中的 TEF 曲线类似, 此阶段类似图 2 中的第四阶段, 即环境污染与经济的关系表现为负相关关系, 经济得到发展的同时, 环境质量得到不断改善。但是形势依然不容乐观, 因为当污染物减排到一定程度时, 采用传统的减排工艺和方法很难继续缩减污染物排放, 新的技术和政策措施必须同步发展, 才能使污染物排放得到进一步控制, 最终进入第五阶段。

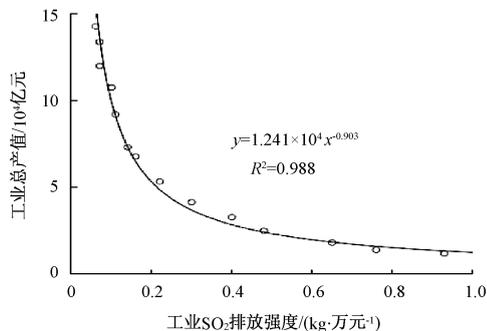


图 4 2001—2014 年江苏省工业总产值与工业 SO_2 排放强度拟合曲线

江苏省 SO_2 污染主要来自工业污染, 火电行业、水泥行业和钢铁行业均是重点污染行业。近年来, 由于江苏省开展火电脱硫脱硝设施升级改造, 强化电力行业脱硫脱硝设施运行监管, 同时加快非电行业脱硫脱硝步伐, 使得江苏省 SO_2 排放强度在前期随着工业的发展呈现持续下降的趋势, 这符合经济与环境发展曲线第四阶段的特点, 但要使未来环境与经济达到和谐发展, 加大脱硫脱硝设备的投运率, 加强新能源发电技术的研发和投入使用将是重中之重。

2.1.3 工业总产值与烟粉尘排放强度的关系

图 5 为江苏省 2001—2014 年工业总产值与工

业烟粉尘排放强度的拟合曲线。

由图5可见,烟粉尘排放强度随工业总产值的增加呈现下降的趋势,2001—2010年下降速度较快,2011年之后下降幅度逐渐变小,与图1中的TEF曲线类似,此阶段类似图2中的第四阶段,即环境污染与经济的关系表现为负相关关系,经济得到发展的同时,由于采取了新的工艺且污染治理措施不断加强,环境质量得到改善。

但当污染物下降到一定程度时,其减排的空间变小,减排的难度加大,下降的幅度有所缓和,因此在未来的经济发展过程中,采用具有更高清洁生产水平的技术方法,实施更高效的除尘改造技术,探索更深入的减排模式,才能进入经济与环境可持续发展的阶段。

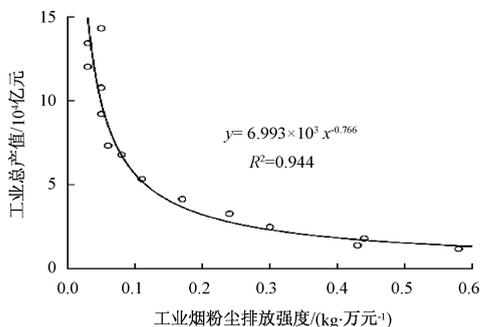


图5 2001—2014年江苏省工业总产值与工业烟粉尘排放强度拟合曲线

据统计,江苏省水泥行业是烟粉尘排放的主要行业,曾占全省烟粉尘排放总量的一半以上,除此之外,钢铁行业和各种锅炉也是烟粉尘污染的主要来源。

“十二五”以来,江苏省加强了工业烟粉尘控制,大力推进燃煤电厂和非电行业除尘设施的改造,制定了实施水泥、钢铁行业除尘设施改造计划,推进燃煤锅炉除尘设施的建设,随着工业发展,烟粉尘的排放强度得到控制,符合经济与环境发展曲线的第四阶段。

2.2 工业发展与环境质量关系的时空变化

图6是根据江苏省工业总产值和污染物排放强度计算出的2001—2014年全省工业总产值和污染物排放的重心移动轨迹,大体呈现出工业总产值的重心先向东南后向西北移动的趋势,SO₂排放强度和烟粉尘排放强度重心则呈现先向西北后向东南移动的趋势。

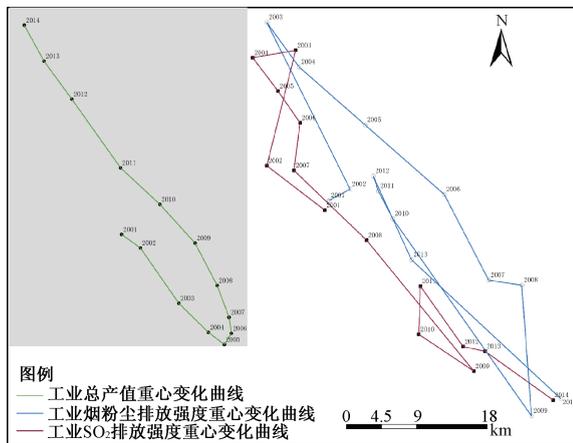


图6 2001—2014年江苏省工业经济和污染物排放重心变化曲线

2001—2014年,江苏省工业总产值的重心由东经119.83°,北纬32.08°移动到东经119.72°,北纬32.32°,东西方向和南北方向的移动幅度分别为-0.11°和0.24°,南北方向移动较大。SO₂排放强度的重心由东经119.04°,北纬33.16°移动到东经119.29°,北纬32.95°,东西方向和南北方向的移动幅度分别为0.25°和-0.21°。烟粉尘排放强度的重心则由东经119.04°,北纬33.17°移动到东经119.30°,北纬32.95°,东西方向和南北方向的移动幅度分别为0.26°和-0.22°。

由此可见,14年间,江苏省的工业发展和污染物排放强度重心均有较大的移动,并且二者的移动方向呈现相反的趋势,而SO₂和烟粉尘排放强度重心的移动方向具有相同的趋势,并且移动幅度接近。这与上述分析的工业总产值与污染物排放强度拟合曲线的趋势相同,即随着工业发展重心的变化,污染物排放强度的重心亦随之改变,并且二者呈现相反的变化趋势。

因为近些年江苏省在经济发展的同时,深化工业大气污染防治工作,同时完善空气质量目标责任制,严格实施目标管理制度,持续推进环境空气质量改善。因此,无论是污染物排放强度,还是污染物排放强度的重心变化均与工业发展呈现相反的发展趋势。

此种变化趋势与江苏省工业发展方向密不可分,江苏南部和中部的工业发展强于北部,但是在《江苏省国民经济和社会发展第十二个五年规划》中提出,加快苏北振兴、苏中崛起、苏南提

升,加快苏北新型工业化进程,继续加大对苏北地区的扶持力度,加强南北共建开发园区建设,构建苏中经济国际化新高地,推动苏南经济转型升级。因此,工业发展的重心转变与全省经济发展方向是一致的。

随着工业发展重心的不断移动,污染物排放强度的重心也随之改变,并且与工业发展重心的改变方向相反。

一方面在经济发展的同时,东南部地区采取积极推进节能减排和污染物总量减排、加大环境治理投入力度等有效措施,污染物排放强度逐步下降;另一方面,由于其污染物排放基数较大,以及国家和省实施有关沿海开发战略,东部沿海地区经济快速发展,导致污染物排放强度仍高于其他区域,其污染物排放强度大的现状并没有得到根本的遏制,因此后期污染物强度又有向东南方向移动的趋势。

3 结论

(1) 江苏省 2001—2014 年工业总产值与工业废气排放量的拟合曲线表明,随着工业总产值的增加,工业废气排放总量呈上升趋势,虽然增加的幅度有所减缓,但是拐点还未出现,二者拟合曲线类似环境与发展关系的第三阶段,即随着经济的发展,污染物排放量仍在不断增加,但是污染物排放增量在减少,当污染物排放达到顶点后会逐步下降,进入第四阶段;

(2) 江苏省 2001—2014 年工业总产值与工业 SO_2 排放强度的拟合曲线表明, SO_2 排放强度随着工业总产值的增加呈现下降的趋势,此阶段类似环境与发展关系的第四阶段,即环境污染与经济的关系表现为负相关关系,经济得到发展的同时,环境质量得到不断改善。但是形势依然不容乐观,新的技术和政策措施必须同步发展才能使污染物排放得到进一步控制,最终进入第五阶段;

(3) 江苏省 2001—2014 年工业总产值与工业烟粉尘排放强度的拟合曲线,与 SO_2 排放强度的拟合曲线基本类似。烟粉尘排放强度随工业总产值的增加呈现下降的趋势,类似环境与发展

关系的第四阶段,经济得到发展的同时,环境质量得到改善。但是当污染物下降到一定程度时,其减排的空间变小,减排的难度加大,探索更深入的减排模式,才能进入经济与环境可持续发展的阶段;

(4) 2001—2014 年,江苏省的工业发展和污染物排放强度重心均有较大幅度的移动,并且二者的移动方向呈现相反的趋势,而 SO_2 和烟粉尘排放强度重心的移动方向具有相同的趋势,并且移动幅度接近。

[参考文献]

- [1] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental impact of North American Free Trade Agreement [R]. Cambridge, UK: National Bureau of Economic Research, 1991.
- [2] 袁良,王成林,刘华强,等. 长江三角洲地区低层大气污染物 O_3 、 NO_x 、 SO_2 的数值模拟 [J]. 环境监测与预警, 2011, 3(1): 33 - 37.
- [3] 岳珂利,钟流举,谢敏,等. 广东不同环境大气污染特性比较 [J]. 环境监测与预警, 2015, 7(5): 45 - 51.
- [4] NEMAT S, SUSHEJIT B. Economic growth and the environmental quality. Time series and cross - country evidence [R]. Office of the Vice President Development Economics, The World Bank, Washington DC, 1992.
- [5] SELDEN T M, SONG D. Environmental quality and development: Is there a kuznets curve for air pollution emissions [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1994, 27: 147 - 162.
- [6] PANAYOTOU T. Demystifying the environmental kuznets curve: Turning a black box into a policy tool [J]. Environment and Development Economic, 1997(2): 465 - 484.
- [7] 陆虹. 中国环境问题与经济问题的关系分析——以大气污染为例 [J]. 财经研究, 2000, 26(10): 121 - 125.
- [8] 朱智洛. 库兹涅茨曲线在中国水环境分析中的应用 [J]. 河南大学学报(自然科学版), 2004, 32(4): 387 - 390.
- [9] 胡明秀, 胡辉, 王立兵. 武汉市工业“三废”污染状况计量模型研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(14): 470 - 474.
- [10] 吴晓娟, 孙根年, 冯煜. 环境质量曲线与西安地下水污染的数值模拟 [J]. 地下水, 2006, 28(4): 52 - 55.
- [11] 岳文泽, 徐建华, 徐丽华, 等. 不同尺度下城市景观综合指数的空间变异特征研究 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2053 - 2059.
- [12] 王波, 王元仲, 李冬梅, 等. 迁安市农田重金属含量空间变异性 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1495 - 1500.