

长三角区域环境规制效率时空 变化及影响因素分析

常雅茹^{1,2} 程翠云^{2,3} 葛察忠² 段显明¹¹

(1. 杭州电子科技大学管理学院, 浙江 杭州 310018;

2. 生态环境部环境规划院, 北京 100012;

3. 生态环境部环境规划院长江经济带生态环境联合研究中心, 北京 100012)

【摘要】: 运用基于非期望产出的超效率 SBM 模型, 测度 2011—2018 年长三角区域环境规制效率, 结合空间自相关分析、广义最小二乘法分析长三角区域环境规制效率时空演变特征, 并探究环境规制效率的影响因素。结果表明: 长三角区域环境规制效率整体呈波动上升趋势, 内部差异明显, 上海一直处于最高水平, 江苏、安徽呈波动上升趋势, 而浙江呈下降—上升趋势, 局部空间格局由较低、低环境规制效率空间集聚区上升为较低、较高环境规制效率空间集聚区。整体上经济发展水平、城镇化水平和科技投入水平对长三角区域环境规制效率具有正效应, 而产业结构、市场环境和对外开放水平呈负向影响。

【关键词】: 环境规制效率 超效率 SBM 模型 时空变化 影响因素 长三角

【中图分类号】: X196; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2022)03-176-06

长三角区域是我国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一, 在国家现代化建设大局和全方位开放格局中具有举足轻重的战略地位^[1]。推动长三角一体化发展, 对引领全国高质量发展、建设现代化经济体系意义重大。党的十八大以来, 长三角三省一市将推进生态文明建设放在突出位置, 不断加强环境规制, 生态环境保护取得积极进展, 但以 O_3 、 $PM_{2.5}$ 为特征的区域性大气污染显著、水环境质量改善效果不稳固、生物多样性保护面临威胁等问题仍然突出, 生态环境质量改善状况与人民群众需求还有较大差距。因此, 研究长三角区域环境规制的绩效水平, 因地制宜地选择合适的环境规制工具, 对长三角区域探索经济发展和生态环境保护相辅相成、相得益彰的新路子具有重要意义。

环境规制效率是政府实施环境管理过程中所获得的环境效益同所投入的环境管理成本之间的比值关系, 是评估政府环境治理绩效的一种重要手段。国内外现有环境规制效率研究主要集中于三个方面: (1) 环境规制效率理论研究。以成本—收益分析理论为准则, 对环境规制成本和收益进行评估, 构建环境规制效率评价模型, 对环境规制效率进行测度^[2,3,4]。(2) 环境规制效率测度方法研究。主要涉及弹性系数法^[5]、因子分析法^[6]和模型分析法^[7], 其中模型分析法包括数据包络分析法 (DEA) 及其改进模型,

作者简介: 常雅茹, 硕士研究生, 研究方向为环境经济管理。E-mail: changyr@caep.org.cn; 程翠云, 博士, 副研究员, 研究方向为生态环境规划与管理。E-mail: chengcy@caep.org.cn

基金项目: 国家重点研发计划项目“大气环境管理的经济手段和行业政策研究”(2018YFC0213700); 国家社会科学基金重大项目“加快推进生态环境治理体系和治理能力现代化研究”(20&ZD092)

如超效率 DEA、超效率 SBM 等。(3) 环境规制效率异质性和影响因素研究。主要包括国家层面和省域层面环境规制效率时空演变的研究^[8,9]，还有学者对农业、工业、高耗能产业等环境规制效率进行研究^[10,11,12]。影响因素主要涵盖经济发展水平、产业结构、城镇化水平、对外开放水平、科技投入水平、市场化等方面^[13,14]。

综上，现有环境规制效率研究成果丰硕，但测度方法和研究尺度仍需进一步探索和延伸。从测度方法而言，国内外学者多采用模型法对环境规制效率进行测度，但选取的模型较少对有效区域进行再比较。从研究尺度而言，研究多集中于国家层面和省际层面，较少有从区域城市层面开展环境规制效率的研究。因此，本文选用能够有效测度的基于非期望产出的超效率 SBM 模型，基于长三角区域 41 个城市面板数据，分析长三角区域环境规制效率及其时空演变特征，识别各城市间环境规制效率时空异质性，以期优化区域环境规制工具，助推长三角区域生态环境保护一体化发展。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 环境规制效率测度方法

超效率 SBM 模型属于数据包络分析 (DEA) 模型的一种，适用于评价多个决策单元 (DMU) 在多投入多产出情形下的相对效率。与传统 DEA 模型不同的是，超效率 SBM 模型可有效克服传统 DEA 模型未考虑松弛变量、期望产出与非期望产出等缺陷，同时还可以对已经处于有效的决策单元开展进一步的评价^[15]。具体模型表示如下：

$$\min \rho = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\bar{x}_i}{x_{ik}}}{\frac{1}{r_1 + r_2} \left(\sum_{s=1}^{r_1} \frac{\bar{y}^d}{y_{sk}^d} + \sum_{q=1}^{r_2} \frac{\bar{y}^u}{y_{qk}^u} \right)} \quad (1)$$

$$s.t. \left\{ \begin{array}{l} \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq k}^n x_{ij} u_j; \bar{y}^d \geq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{ij}^d u_j; \bar{y}^u \geq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{ij}^u u_j; \\ \bar{x} \geq x_k; y^d \geq y_k^d; y^u \geq y_k^u; u_j \geq 0; \\ i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m; \\ s = 1, 2, \dots, r_1; q = 1, 2, \dots, r_2 \end{array} \right\} \quad (2)$$

式中： ρ 表示效率值， n 表示决策单元数， m 表示投入指标， r_1 和 r_2 分别表示期望产出指标和非期望产出指标， x 、 y^d 和 y^u 分别表示相应投入、期望产出矩阵和非期望产出矩阵中的元素， u_j 表示权重系数， s 、 k 、 q 、 u 表示决策单元。

1.2 指标选取与数据来源

借鉴环境规制效率已有研究成果^[12,16]，基于环境规制成本—收益分析理论，按照科学性、可得性、有效性等原则，构建环境规制效率评价指标体系。其中，在投入方面，选择人力、物力、财力 3 项指标；在产出方面，选择污染物控制率、人均公园面积、绿化覆盖率、工业二氧化硫、工业烟粉尘、工业废水排放量 6 项指标。实证分析以长三角区域为对象，选取 2011—2018 年区域内 41 个城市的面板数据，数据主要来源于《中国环境统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》、长三角区域各省市统计年鉴以及 41 个城市统计年鉴、环境统计公报等。

2 长三角区域环境规制效率时空演变特征

2.1 长三角区域环境规制效率时序演变特征

采用超效率 SBM 模型计算得到 2011—2018 年长三角区域 41 个城市的环境规制效率值，按照区域进行划分得到上海、江苏、浙江、安徽和整个长三角区域历年环境规制效率平均值（图 1）。

从整个长三角区域层面而言，环境规制效率值均超过了 1 且整体呈现波动上升的趋势，一方面说明长三角区域环境规制效率长期处于有效状态，即环境规制资源投入得到充分的利用；另一方面说明环境规制投入的增加并不一定会带来相应比例的收益产出。

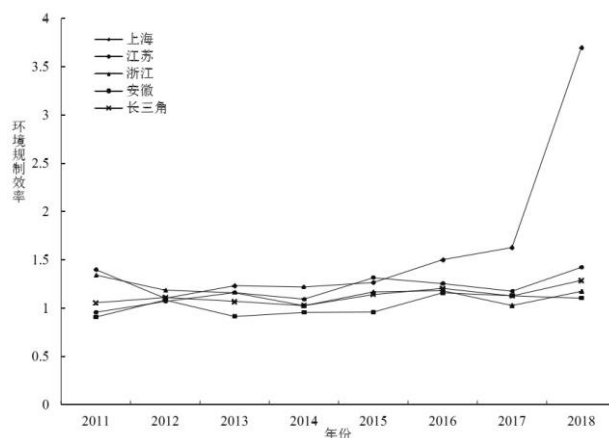


图 1 长三角区域环境规制效率变动趋势

从省（市）层面而言，上海环境规制效率处于最高水平，江苏和安徽的环境规制效率值均呈现波动上升的趋势，且江苏上升趋势最为明显，浙江的环境规制效率值呈现先下降后波动上升趋势。按照环境规制效率具体变动趋势可以分为两个阶段：

（1）2011—2013 年，上海>浙江>江苏>安徽。（2）2014—2018 年，上海>江苏>浙江>安徽。浙江环境规制效率从 2011 年呈现下降趋势且 2014 年为最低点，据《浙江省环境状况公报》显示，2012—2014 年，浙江省近岸海域水质状况级别为特差，多个城市如嘉兴、舟山、宁波、台州、温州水质都受到了影响，且 2014 年全省工业固体废物产量比 2013 年增长了 6.7%。2014 年以后，江苏环境规制效率超过浙江。一方面是因为南京青奥会、国家公祭日等大型会议严把环境质量关；另一方面是全力推进生态文明建设“七大行动”及一系列减化行动取得成效显著，以苏州工业园区为代表的南北共建园区在推动全省产业转型起到一定成效，尤其在 2015 年全省产业结构实现了“三二一”标志性转变。这进一步说明了当年环境保护政策或地区突发性环境污染事件会对环境规制效率产生较大影响。

2.2 长三角区域环境规制效率空间演变特征

2.2.1 长三角区域环境规制效率空间分布特征

选取 2011 年、2015 年和 2018 年三个时间截面进一步探究长三角区域环境规制效率的空间演变特征。借鉴杜红梅等^[11]的研究方法，按照环境规制效率值的大小进行排序，划分为环境规制效率高效率区（>1.5）、较高效率区（1~1.5）、较低效率区（0.5~1）和低效率区（<0.5）。借助 ArcGIS10.2，得到图 2。

从整个长三角区域来看，与 2011 年相比，2018 年长三角区域环境规制高效城市占比增加 9.87%，低效城市占比减少 4.88%。长三角区域环境规制高效城市显著增多，且由浙江中部地区向各个省（市）分散演化，由一个不平衡的空间格局逐渐演变为相对均衡的空间分布格局，这说明长三角区域环境规制效率演变格局日趋变好，投入的资源得到了较为充分的利用，经济发展与环境保护的耦合性在逐步提升。

分省（市）来看，江苏和安徽环境规制效率均呈现环境规制效率高效城市增多、低效城市减少的空间分布格局，浙江则呈现高效城市减少、低效城市增多的分布格局，可能是因为浙江生态环境质量和管控水平长期处于长三角区域领先水平，会产生“边际效应”，在相同的环境投入成本下所带来的环境收益会低于其他省（市），即在本身处于较高生态环境质量水平下，需要采取针对性、有效性更高的环境治理手段来提高环境规制效率。对低效率城市进一步识别，2011 年低效率城市为连云港、宿迁、宿州、六安和宣城，2015 年低效率城市为连云港、蚌埠、马鞍山和宣城，2018 年低效率城市为连云港、衢州和宣城，可以看出主要分布于省际交界地段，这说明可能存在某些企业利用异地布局从而逃避监管的现象，加剧了邻近地区环境污染。

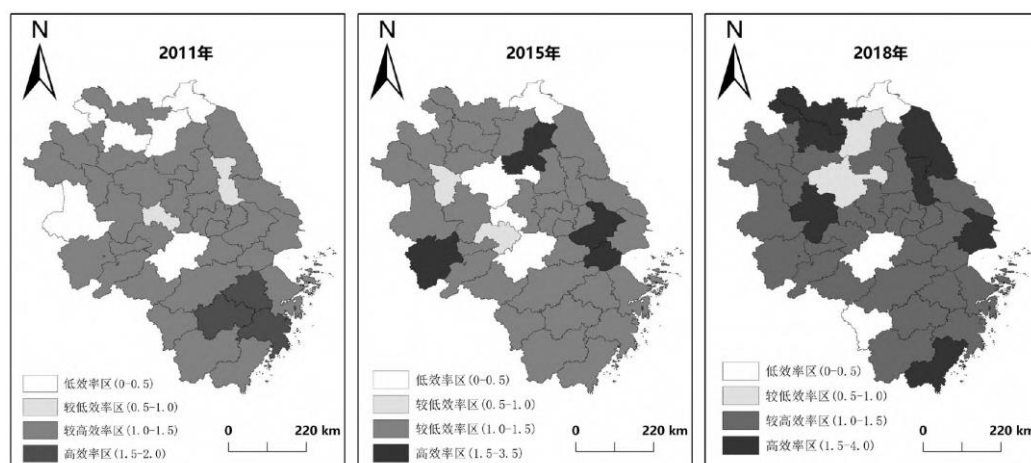


图 2 长三角区域环境规制效率空间分布图

2.2.2 长三角区域环境规制效率空间关联模式分析

因环境污染在区域上具有空间扩散性进而导致各地区间环境规制政策出现邻近地区之间的模仿行为，需进一步探究长三角区域环境规制效率空间关联模式，即分别从全局空间自相关和局部空间自相关两个维度识别是否存在空间溢出效应。运用全局空间自相关的方法，计算得到全局莫兰指数（Moran' sI），长三角区域环境规制效率在 2011 年、2015—2017 年表现为正向空间溢出效应，2012—2014 年、2018 年表现为负向空间溢出效应，但除 2011 年和 2015 年通过显著性检验（ $P < 0.1$ 且 $Z > 1.96$ ）外，其他年份均未通过显著性检验，这说明整体而言，长三角区域环境规制效率空间溢出效应并不明显，各省份、城市间的环境规制合作机制有待进一步加强。

为进一步探究长三角区域环境规制效率的空间格局，运用局部空间自相关的方法，计算长三角区域各城市的 Getis-OrdGi* 指数，并按照自然断裂点法划分为热点区、次热点区、次冷点区、冷点区四种类型，得到长三角区域环境规制效率冷热点分布情况（图 3）。长三角区域环境规制效率 2011 年热点区、次热点区、次冷点区、冷点区数量分别为 9 个、9 个、12 个和 11 个，热点区域集中分布在浙江内部，冷点区域集中分布在江苏西北部 and 安徽中部，次热点区主要分布于江苏东南部，其他地区为次冷点区。2015 年热点区、次热点区、次冷点区、冷点区数量分别为 7 个、11 个、16 个和 7 个，热点区集中分布在上海及周边城市，冷点区集中分布在安徽中东部，其他地区为次热点区和次冷点区。2018 年热点区、次热点区、次冷点区、冷点区数量分别为 3 个、14 个、12 个和 12 个，热点区有所减少，但仍分布在上海附近，冷点区分布在苏皖、浙皖交界处，次热点区集中分布在江苏内部，次冷点区集中分布在浙江东部和安徽西部。结合图 4，整体而言，上海及周边城市由较高环境规制效率空间集聚区上升为高环境规制效率空间集聚区，具有显著的辐射带动作用；江苏由低、较低环境规制效率空间集聚区上升为较高环境规制效率空间集聚区，浙江由高、较高环境规制效率空间集聚区下降为较低、低环境规制效率空间集聚区，安徽环境规制效率空间集聚趋势平稳，为较低、低环境规制效率空间集聚区，但空间溢出效应不显著。

3 长三角区域环境规制效率影响因素分析

3.1 回归模型构建

根据已有研究成果^[12,16,17]，本文选取环境规制效率为被解释变量^[18]，选取经济发展水平、产业结构、市场环境、城镇化水平、对外开放程度和科技投入水平等影响因素为解释变量，构建回归模型如下：

$$ERE_i = \beta_0 + \beta_1 \ln EDL_i + \beta_2 \ln ES_i + \beta_3 MI_i + \beta_4 UI_i + \beta_5 OPEN_i + \beta_6 TDL_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

式中：i 表示城市，ERE 为环境规制效率，EDL 为经济发展水平，IS 为产业结构，MI 为市场环境，UI 为城镇化水平，OPEN 为对外开放水平，TDL 为科技投入水平， β_0 为常数项， $\beta_1 \sim \beta_6$ 为解释变量系数， ε_i 为随机误差。

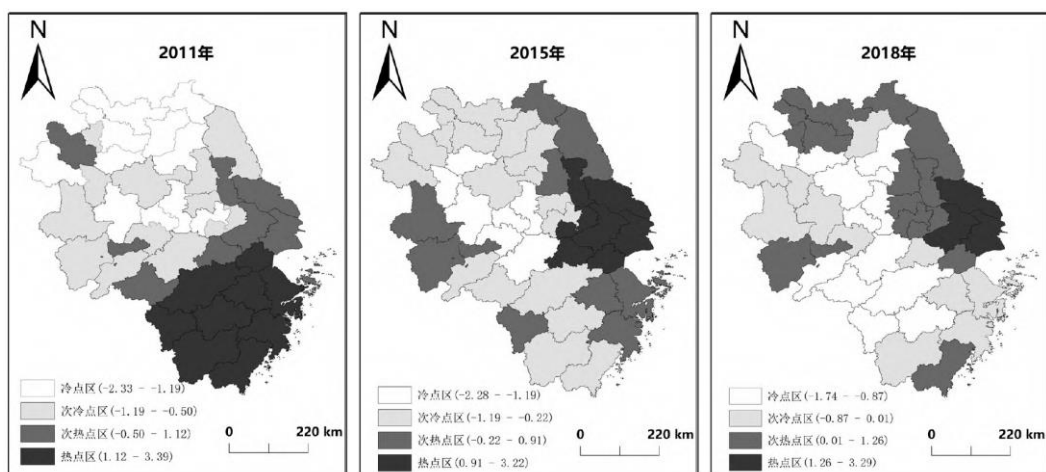


图 3 长三角区域环境规制效率冷热点分布

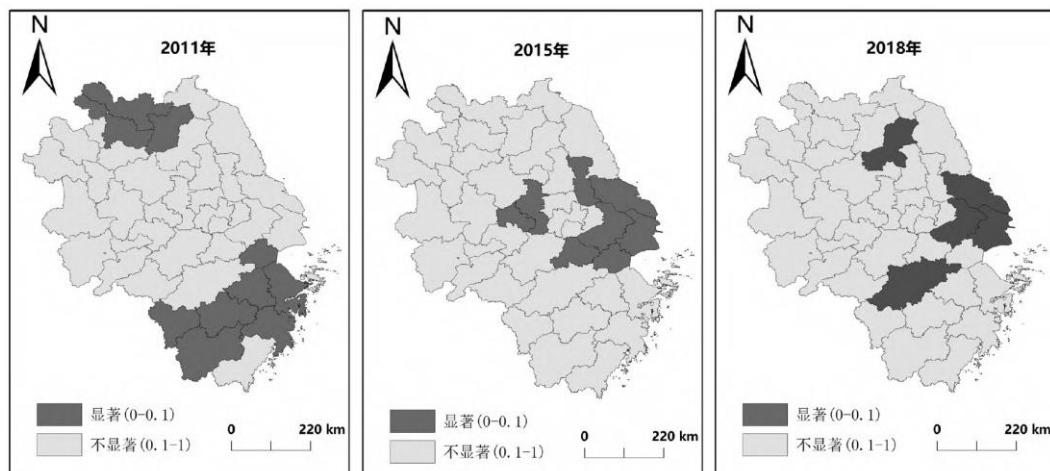


图 4 长三角区域环境规制效率冷热点分布显著性检验

3.2 回归结果

为减弱异方差等因素的影响,采用广义最小二乘法 (GLS),运用 Stata15.0 软件进行回归分析。

经济发展水平与环境规制效率显著正相关,说明随着经济发展水平的提高,人们的环境保护意识逐步提升,对经济发展与环境保护协调发展的需求日益凸显,会加大对环境保护的资金、技术的投入力度,进一步提升环境治理能力和成效。

产业结构与环境规制效率显著负相关,说明工业产业占比越高,越不利于环境规制效率的提高。粗放型经济增长方式带来的高消耗、高排放会导致资源配置效率低下和生态环境质量的恶化,导致环境规制非期望产出加大,进而降低环境规制效率。

市场环境与环境规制效率显著负相关,说明现有涉及环保领域的市场机制及环境规制工具未能充分发挥作用,环境市场资源没能达到最优化配置。如排污权交易、环境税、绿色信贷等环境规制工具尚未成熟,在实际应用中仍存在较多问题,可能导致环境保护市场失灵。

城镇化水平与环境规制效率显著正相关,说明城镇化水平的提高意味着人口、物资、资金等众多要素不断地向城镇聚集,促进了企业和产业之间进一步协同整合,有效降低了活动成本,有利于优化产业结构和布局,推动服务业、高新技术产业的发展。

对外开放水平与环境规制效率显著负相关,说明长三角区域虽然对外开放水平处于我国前列,但引进外资所带来的正向环境溢出效应小于负向环境效应,表现出长三角区域环境技术门槛较低,发达国家高污染、高耗能企业向该区域进行大量转移,验证了“污染避难所”假说。

科技投入水平与环境规制效率显著正相关,说明随着科技投入的增加,推动产业技术进步,以更加清洁的生产技术和低消耗、低排放的设备投入生产,提高生产效率,降低污染物的排放,推动产业向集约型转变,实现经济与环境的高质量发展。

4 结论与建议

在定量分析 2011—2018 年长三角 41 个城市环境规制效率的基础上,分析了区域环境规制效率时空演变特征及其影响因素,得出以下结论:(1)从时间演变而言,长三角区域环境规制效率整体长期处于有效状态且呈波动上升趋势,其中上海环境规制效率水平最高,江苏和安徽环境规制效率均呈现波动上升的趋势,且江苏上升趋势最为明显,浙江环境规制效率呈现先下降后波动上升的趋势,表明长三角区域环境资源的投入利用处于较高水平,但区域间差异明显,容易因地区所处社会环境、当地环境保护政策等多种因素的影响而产生波动性。(2)从空间分布而言,长三角区域环境规制效率整体趋势向好,空间分布格局逐步由不均衡向相对均衡演变,江苏和安徽环境规制高效城市显著增多,浙江高效城市减少,低效城市主要分布于省际交界处。(3)从空间相关性而言,区域整体空间溢出效应不显著,但存在局部空间溢出效应,上海及周边城市属于热点区集中分布区,辐射带动作用显著,江苏由次冷点区、冷点区上升为次热点区,浙江由热点区、次热点区下降为次冷点区、冷点区,安徽为次冷点区、冷点区的集中分布区,空间溢出效应不显著,表明各区域间环境规制合作机制有待进一步加强。(4)影响因素结果表明,对长三角区域环境规制效率有显著正向影响的为经济发展水平、城镇化水平和科技投入水平,产业结构、市场化水平和对外开放水平有显著负向影响,且对外开放水平是影响长三角区域环境规制效率的首位因素,说明长三角区域可能存在“污染避难所”效应。

长三角区域环境规制效率时空演变特征表明该区域环境规制效率整体上处于较高水平,但仍然存在环境规制效率低效地区且区域间差异明显,结合对环境规制效率影响因素的分析,提出以下建议:(1)优化产业结构,发展环保产业。以绿色发展为理念,推行绿色产业,发展绿色循环经济,不断提高高新技术产业和战略新兴产业占比,利用当地环境、文化等特色优势,通过旅游、养殖等行业将环保与经济、扶贫有机结合,形成资源节约型和环境友好型的产业集群。(2)规范市场秩序,完善交易机制。借鉴成熟经验与做法,积极培育环境资源产权交易平台,持续完善水权、排污权等跨省跨流域交易机制,推进绿色保险、绿色信

贷等以市场化为基础的环境经济政策机制落地,充分发挥市场调节作用,营造良好市场环境。(3)完善公共设施,提高城镇化水平。积极响应国家建设新型城镇化口号的号召,重点提高水平较高城市的城市能级,完善基础设施建设,重点把握水平较低城市发展速度与质量关系,打造具有地方特色、以人为本、协调发展的新型城镇。(4)加大评估力度,提升准入门槛。积极开展“三线一单”编制实施工作,强化对国土空间环境管控,合理开展环境影响评估,以实际环境质量情况动态修订产业准入门槛并建立国内外企业引入清单,对引进企业定期排查,及时整改、关停重污染企业。(5)搭建科研平台,增强自主创新能力。鼓励引导企业、高校院所等创新主体在环境领域发挥科研优势,积极搭建科研成果培育和共享平台,以战略合作的方式优化科研创新环境,扩大科技成果转化与应用。(6)加强区域合作,推动协同治理。以打造长三角绿色样板为目标,大力支持和推进长三角区域一体化战略,加强区域间合作交流,加快一体化示范区建设,辐射带动周边地区发展,逐步加强区域间大气、水、土壤的协同治理,建立绿色长效合作机制。

参考文献:

- [1]新华社. 中共中央国务院印发《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》[EB/OL]. (2019-12-01). http://www.gov.cn/zhengce/2019-12/01/content_5457442.htm?tdsourcetag=s_pcqq_aiomsg, 2019. 12. 01.
- [2]Hahn R W.The impact of economics on environmental policy[J].Journal of Environmental Economics and Management, 2000, 39(3):375-399.
- [3]张会恒. 提高政府规制有效性的途径与实践——一个基于成本收益分析的视角[J]. 改革, 2005(2):111-115.
- [4]Erdogan A M.Foreign direct investment and environmental regulations:A survey[J].Journal of Economic Surveys, 2014, 28(5):943-955.
- [5]刘研华, 王宏志. 我国环境规制效率的变化趋势及对策研究[J]. 生态经济, 2009(11):172-175.
- [6]叶祥松, 彭良燕. 我国环境规制下的规制效率与全要素生产率研究: 1999-2008[J]. 财贸经济, 2011(2):102-109.
- [7]Tang D C,Tang J X,Xiao Z,et al.Environmental regulation efficiency and total factor productivity-Effect analysis based on Chinese data from 2003 to 2013[J].Ecological Indicators, 2017, 73:312-318.
- [8]姜林. 中国环境规制效率评价研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2011.
- [9]程钰, 任建兰, 陈延斌, 等. 中国环境规制效率空间格局动态演变及其驱动机制[J]. 地理研究, 2016(1):123-136.
- [10]司东皖. 我国化工行业的环境规制效率研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2013.
- [11]杜红梅, 李孟蕊, 邱小芳, 等. 基于 SE-DEA 模型的中国农业环境规制效率空间差异分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2017(4):112-118.
- [12]王济干, 马韵鸿. 长江经济带工业环境规制效率时序及空间分异研究[J]. 工业技术经济, 2020(1):113-121.
- [13]程钰, 徐成龙, 任建兰. 中国环境规制效率时空演化及其影响因素分析[J]. 华东经济管理, 2015(9):79-84.

[14]常明, 奚云霄, 马冰然, 等. 中国“十二五”期间环境规制效率时空差异与驱动机制研究[J]. 环境污染与防治, 2019(7):860-863.

[15]Tone K.A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J].European Journal of Operational Research, 2001, 130(3):498-509.

[16]任梅, 王小敏, 刘雷, 等. 中国沿海城市群环境规制效率时空变化及影响因素分析[J]. 地理科学, 2019(7):1119-1128.

[17]李淑莹, 俞雅乖. 我国环境规制效率的动态演变及影响因素分析——基于超效率 DEA-Tobit 的研究[J]. 科技与管理, 2018(3):79-85.

[18]王磊, 王琰琰, 李慧明. 再生资源产业集聚与区域环境污染——来自我国省域面板数据的实证分析[J]. 科技进步与对策, 2018(13):72-77.