

长三角城市群产业发展与环境规制的 耦合关系:微观数据实证

孙红梅 雷喻捷¹

(上海师范大学商学院, 上海 200234)

【摘要】: 基于城市产业发展与环境规制之间的相互影响关系, 构建城市产业发展与环境规制两系统耦合模型, 测算长三角 26 个主要城市分别在“十五”末期(2005 年)、“十一五”末期(2010 年)、“十二五”末期(2015 年)、“十三五”中期(2017 年)的耦合度和协调度, 在横向和纵向的实证分析基础上, 使用灰色关联模型计算微观指标间的灰色关联度。结果显示: 长三角大部分城市两系统耦合度处于中度耦合和低度耦合阶段, 协调度处于较高水平; “十五”到“十三五”期间, 各城市两系统耦合度稳定提高, 但呈现出区域差异性, 上海、苏州耦合程度最高, 安徽省各城市耦合程度和协调程度均偏低; 城市产业创新转型发展、现有生态治理水平和环境保护措施是影响城市耦合发展的关键指标。据此提出政府应促进城市产业和环境规制匹配耦合发展, 发挥长三角区域联动优势和比较优势, 完善监督和反馈制度, 引导环保资金流向, 促进城市产业经济与环境保护协调发展。

【关键词】: 城市产业发展 环境规制 长三角城市群 灰色关联度 耦合协调度

【中图分类号】 F291.1 **【文献标识码】** A

长江三角洲城市群由江浙沪皖 4 省市的 26 个市组成, 该城市群的经济的发展程度、工业化程度、市场化程度、对外贸易程度均位于全国前列, 但高速增长的经济也带来严峻的产业结构转型、创新投资不足、资源能源紧缺、生态环境破坏等新问题, 长三角城市群正在探索实现产业发展与环境质量协调发展的新方式。在此基础上, 各地政府加快环保政策出台速度、缩短政策制定周期、加强区域间环保合作、拓宽环境规制手段范围, 长三角城市群亟需一体化全产业链升级转型。厘清城市产业发展与环境规制之间的关系和耦合协调进程, 并探讨产业转型与环境规制政策的关键微观影响因素, 对推进长三角区域经济、政治、社会、文化和生态文明一体化发展具有重要的意义。

1 基于文献综述的耦合机理

1.1 环境规制影响城市产业发展

目前关于环境规制影响产业发展的研究, 国内外学者呈现出两种相反的结论与观点。

1.1.1 遵循成本说, 环境规制对产业发展具有负面制约作用

根据古典经济理论观点, 企业基于最优化决策会逃避履行环境责任。国外学者率先研究环境规制与产业发展之间的关

¹基金项目: 国家自然科学基金面上项目“我国环保产业 R&D 投入的决策理论与评价方法研究”(71673189)

作者简介: 孙红梅(1967—), 女, 博士, 上海师范大学商学院, 教授, 研究方向为环境绩效与风险控制。

系,Gray 运用美国制造业 1958-1980 年数据,发现环境规制将导致制造产业生产率平均每年下降 0.57%^[1];Barbera 等^[2]和 Gray 等^[3]基于美国数据,研究显示污染产业的生产率与政府环境治理投入、政府政策执行力与规制力强度之间存在显著负相关;Kneller 等认为环保研发对非环保研发具有挤出效应^[4]。国内学者进一步补充,赵细康利用 2007-2014 年广东工业园区数据,认为环境规制会导致广东污染密集型产业由“中心”向“外围”的空间转移,使企业成本上升和竞争力下降^[5];任梅、王小敏等采用 SBM 模型测度城市群环境规制效率,发现长三角城市群末端治理,会使环境规制效率显著下降^[6]。

1.1.2 遵循创新补偿说,环境规制对产业发展具有正面促进作用

波特等人认为,环境规制政策的合理制定与实施,能够加速企业技术创新补偿效应,从而弥补环境规制带给企业成本的增加,在市场上获得响应的“先动优势”,实现经济与环境的“共赢”,提升产业竞争力。

De Vries 等基于 14 个 OECD 国家 1970-2000 年数据,实证环境规制政策会加速产业的技术创新^[7];白雪洁和宋莹采用三阶段 DEA 模型,研究显示在环境规制作用下,火电行业整体的效率水平显著提升^[8];蒋伏心和王竹君等实证证明环境监管规制手段,会对技术创新产生直接影响,且会通过 FDI、企业规模、人力资本等要素产生间接影响^[9];Rubashkina 基于波特假说,运用 1997-2009 年欧洲 17 个国家的制造业数据,发现环境监督对创新具有促进作用^[10];韩国高基于中国制造业的细分行业数据,只有适当的环境规制才有利于激发企业创造力、缓解产能过剩^[11]。

1.2 环境规制与城市产业发展的耦合机理

“耦合”起源于物理学,是对体系之间关联程度的度量,可以表示模块之间相互联系程度^[12],运用 SCP(市场结构-市场行为-市场绩效)分析范式角度,探索环境规制与产业发展的耦合机制(图 1)。

1.2.1 环境规制影响产业市场结构

第一,对市场需求的影响。

产业转型发展的动力是社会对环保产业的需求。随着社会整体环保意识提高,绿色消费理念下形成的巨大绿色消费市场使经过环境认证的产品广受消费者青睐,如 Lanoie 等基于对 7 个 OECD 国家的 4000 项设施采购调研,发现 43%以上的设施采购需要评估供应商的环境绩效^[13]。

第二,对市场进入壁垒的影响。

一方面,环境规制易形成环境规制的技术壁垒,阻碍新的企业进入,不利于产业创新发展,如排放规制会对清洁技术种类和水平进行限定;排放总量规制对污染控制技术进行限定。另一方面,严格的环境技术会增加研发投入成本,对产业潜在进入者形成资金壁垒。

第三,对市场集中度的影响。

张成和于同申^[14]、李虹和邹庆^[15]均认为适度的环境规制不仅可以提升优势企业的竞争力,实现地区产业的优化和适度集中,还促进产业结构合理化和高级化趋同,形成环境规制倒逼机制推进城市的产业转型发展。

1.2.2 环境规制影响产业市场行为

第一, 对企业策略性行为的影响。

政府实施环境规制会给企业带来积极应对和消极退出两种不同策略。黄光灿等基于 2005-2016 年的面板数据, 认为技术创新与外商资本具有良性的互动效应^[16], 留下的产业会不断进行产品和服务的差异化创新, 更好地适应自然环境、地理位置带来的环境问题。

第二, 对技术创新行为的影响。

环境规制是企业外在压力和企业创新调整的信号, 产业为了获得环保竞争优势, 将不断研发创新加大环境技术的积累。同时, 环境规制对技术创新存在一定地区差异性和滞后性, 丁显有等研究表明, 上海、浙江整体绿色发展效率、创新发展效率和绿色创新协同效应均优于江苏^[17]。周柯等研究发现只有当技术创新水平超过相应的门槛时, 环境规制和技术创新在促进产业升级中的正向效应才得以发挥^[18]。

1.2.3 环境规制影响产业市场绩效

第一, 对技术进步的影响。

环境规制会促进产业技术进步, 朱晋伟等^[19]、郑春美等^[20]、吕明洁等^[21]、陈鲁夫等^[22]、王婧等^[23]等从政府补助、税收优惠、行业专业政策、生产要素、环境规制手段、需求多样化等角度, 探索对产业发展和企业创新绩效影响。

第二, 对生产率的影响。

环境规制对产业具有整体的外部性特征, 政府利用补贴、政策等形式进行市场干预, 促使企业边际成本下降到社会成本, 以最优的产量进行生产, 提高产业的生产率。Alpay 等对美国和墨西哥两国的食品加工业的研究发现, 环境规制对美国行业生产率的影响为负, 但对墨西哥的影响为正^[24]; 龙小宁等基于 1998-2017 年中国制造业数据, 表明环境规制可以促进企业创新而提高产业利润率^[25]。

环境规制与产业市场结构、市场行为、市场绩效之间存在内在联系, 并通过彼此相互作用使得对方属性放大或者缩小, 彼此之间存在耦合关系, 长三角城市群的协调发展, 高度强调形成“1+1>2”的环境保护效果, 及时充分掌握长三角区域的耦合协调关系, 为长三角城市群协调发展提供决策依据。

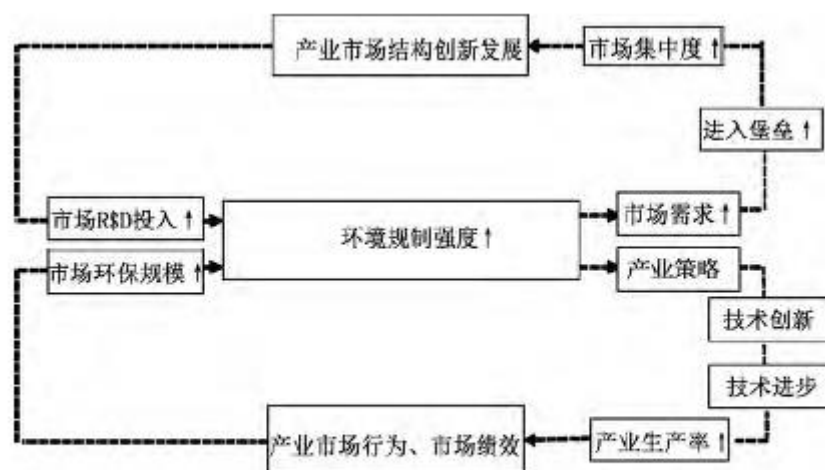


图1 城市产业创新发展与环境规制反馈耦合机理

资料来源:作者自绘

1.3 指标选取

基于环境规制与城市产业发展的耦合机理,借鉴周柯^[18]等学者的研究方法,并根据长三角城市群的实际情况,遵循系统性、科学性和可达性原则,城市产业发展系统选取了产业市场结构、产业市场行为、产业市场绩效三层次的指标,环境规制系统选取了环境规制水平、环境规制压力和环境规制保护三层次的指标,最终选择12个指标表示产业发展和11个指标表示环境规制(表1)。

表1 城市产业发展与环境规制耦合模型指标和熵值法权重

目标层	准则层	指标层	方向	表示	权重
城市产业发展	产业市场结构 (0.130323)	人均地区生产总值(元)	正向	x ₁	0.043424
		城市人口密度(人/km ²)	反向	x ₂	0.043474
		人均GDP(元)	正向	x ₃	0.043425
		R&D经费支出(亿元)	正向	x ₄	0.043500
	产业市场行为 (0.217388)	节能环保支出(亿元)	正向	x ₅	0.043533
		科学技术支出(亿元)	正向	x ₆	0.043509
		专利申请受理量(项)	正向	x ₇	0.043437
		专利授权量(项)	正向	x ₈	0.043410
	产业市场绩效 (0.173778)	新增固定资产(万元)	正向	x ₉	0.043383
		固定资产投资额(万元)	正向	x ₁₀	0.043466
		工业增加值(亿元)	正向	x ₁₁	0.043439
		年末金融机构各项贷款余额(万元)	正向	x ₁₂	0.043491
环境规制	环境规制水平 (0.173996)	人均公园绿地面积(m ²)	正向	y ₁	0.043472
		城市用水普及率(%)	正向	y ₂	0.043529
		城市排水管道长度(km)	正向	y ₃	0.043463
		一般工业固体废物综合利用率(%)	正向	y ₄	0.043531
	环境规制压力 (0.174093)	工业废水排放量(万t)	反向	y ₅	0.043522
		二氧化硫排放量(t)	反向	y ₆	0.043551

		烟(粉)尘排放量(t)	反向	y ₇	0.043497
		一般工业固体废物产生量(万 t)	反向	y ₈	0.043524
	环境规制保护(0.130421)	城市污水处理率(%)	正向	y ₉	0.043501
		城市生活垃圾清运量(万 t)	正向	y ₁₀	0.043459
		城市供水综合生产能力(万 m ³ /日)	正向	y ₁₁	0.043461

注:进行了数据统计差异处理

2 城市产业发展与环境规制耦合协调度评价模型

2.1 数据来源及权重处理

为了获取长三角区域城市产业发展与环境规制整体耦合协调发展情况, 以及进行同级行政单位之间比较, 选取上海, 江苏省的南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州, 浙江省的杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山、台州, 安徽省的合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城, 原始数据来自各年《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国财政税收统计年鉴》《中国高新技术统计年鉴》及 26 市统计年鉴和统计公报等。原始数据同时有正向和负向指标, 为使各市数据更具有可比性以及消除原始数据之间量级和方向差异, 消除数据处理主观因素, 对原始数据进行熵值法处理。

首先, 对于不同方向指标进行标准化处理, 避免标准化数据出现 0, 将标准化后数据统一加 1。

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} + 1 \tag{1}$$

正向指标:

$$X'_{ij} = \frac{X_{max} - X_{ij}}{X_{max} - X_{min}} + 1 \tag{2}$$

负向指标:

其中, X_{ij} 是第 i 个城市中的第 j 个指标的真实值, X' _{ij}、X_{max}、X_{min} 分别为真实值的标准化值、最大值和最小值。

其次, 计算指标 i 在第 j 个样本城市的比重, 如公式 (3) :

$$P_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{j=1}^m X'_{ij}} \tag{3}$$

然后, 计算指标 i 的熵值, 如公式 (4) :

$$M_i = -k \sum_{j=1}^m P_{ij} \ln P_{ij},$$

$$k = \frac{1}{\ln m}, m \text{ 为城市样本数} \quad (4)$$

接着, 计算第 i 个指标的差异系数, 如公式 (5):

$$T_i = 1 - M_i \quad (5)$$

最后, 计算第 i 个指标的权重, 如公式 (6):

$$W_i = \frac{T_i}{\sum_{i=1}^n T_i}, n \text{ 为指标数} \quad (6)$$

熵值法处理后, 指标体系构建、方向、表示、权重如表 1。

2.2 耦合模型分析

2.2.1 耦合度模型

根据已求出的指标权重, 计算两系统的综合得分并计算其协调度, F_x 和 F_y 分别为城市产业发展和环境规制系统的综合发展水平。

$$F_x = \sum_{i=1}^n W_i X'_{ij} \quad (7)$$

$$F_y = \sum_{i=1}^n W_i Y'_{ij} \quad (8)$$

耦合度模型计算公式为 (9):

$$C = \left[\frac{F_x F_y}{\left(\frac{F_x + F_y}{2} \right)^2} \right]^k \quad (9)$$

其中, k 为调节系数, 因为研究的是两个系统之间的耦合关系, 所以令 $k=2$ 。

2.2.2 耦合度评价体系

根据公式 (9), 计算出产业发展与环境规制的耦合度 C , 参考王仁祥和陆鹏飞^[26]的划分方法, 将耦合度划分为 5 种类型 (表 2)。

表 2 产业创新发展与环境规制耦合模型指标和熵值法权重

C	耦合度等级	$F_x > F_y$	$F_x < F_y$
$0.8 < C \leq 1$	良好耦合	环境规制滞后	产业发展滞后
$0.6 < C \leq 0.8$	中度耦合	环境规制滞后	产业发展滞后
$0.4 < C \leq 0.6$	低度耦合	环境规制滞后	产业发展滞后
$0.2 < C \leq 0.4$	中度磨合	环境规制滞后	产业发展滞后
$0 < C \leq 0.2$	严重磨合	环境规制滞后	产业发展滞后

数据来源: 各城市统计年鉴等公开统计资料

当 $F_x = F_y$ 时, 产业发展与环境规制属于统一协调等级下同步发展。

2.2.3 耦合度实证结果分析

通过对“十五”末期 (2005 年)、“十一五”末期 (2010 年)、“十二五”末期 (2015 年)、“十三五”中期 (2017 年) 长三角 26 个城市产业发展与环境规制耦合度计算结果 (表 3), 分析各市耦合度、磨合度、发展协调性。

(1) 整体耦合程度偏低

长三角城市群产业发展与环境规制始终耦合进步发展。“十五”到“十三五”, 长三角各市产业发展与环境规制耦合协调度仍然较低, 只有上海市达到良好耦合阶段, 数值为 0.8208, 江苏和浙江所有城市耦合度均在 0.5-0.7 之间, 处于中度耦合和低度耦合之间, 安徽所有城市均处于低度耦合阶段, 产业发展滞后。

(2) 空间分布上, 长三角 26 市耦合度和协调差异性显著

一方面, 长三角城市产业发展与环境规制耦合区域不均衡。26 个城市中, 上海耦合水平最高, “十三五”中期耦合度已超过 0.8; 江苏平均耦合度是 0.5218, 苏州、南京、无锡、南通超过 0.6, 江苏省近十年大力实施“两减六治三提升”专项行动, 深入实施环境保护制度改革; 浙江省平均耦合度为 0.4936, 增速整体慢于江苏省, 除杭州、宁波, 其余城市整体耦合度均低于 0.55; 安徽省耦合度最低, 只有合肥、芜湖超过 0.5, 甚至安徽省会合肥还未达到江苏省镇江的耦合水平, 跟长三角其他城市相比, 安徽各市产业发展缓慢、环保政策实行动力弱, 亟需吸纳上海、江苏、浙江的成功发展经验。

另一方面, 长三角城市群产业发展滞后于环境规制。在所考察的 26 个市中, 仅有上海和苏州的环境规制水平滞后于产业发展水平, 其他各城市产业和环境逐渐呈现均衡同步发展趋势。第一发展梯队为上海和苏州, “十二五”期间, 上海和苏州环境规制力加大, 政府高度关注生态环境和治理, 已试点率先实行多项环境保护政策, 如垃圾分类立法、多部门环境联合执法与问责制度等。第二发展梯队为南京、无锡、常州、南通、盐城、泰州、杭州、宁波, 到“十三五”期间, 环境和产业两系统差值均小于 0.1, 各

市全面促进经济产业创新转型与环境保护协调发展。第三发展阶段为其他各市,到“十三五”中期,安庆、滁州、池州、宣城产业与环境耦合度差异甚至超过 0.2,城市产业发展比较严重地滞后于环境发展。

表 3 长三角 26 市耦合度、协调度及发展协调性程度

	2017 年			2015 年			2010 年		
	耦合度	耦合级	发展协调性	耦合度	耦合级	发展协调性	耦合度	耦合级	发展协调性
上海市	0.8208	良好耦合	环境规制滞后	0.6785	中度耦合	环境规制滞后	0.6399	中度耦合	产业发展滞后
南京市	0.6340	中度耦合	产业发展滞后	0.6034	中度耦合	产业发展滞后	0.4969	低度耦合	产业发展滞后
无锡市	0.6190	中度耦合	产业发展滞后	0.6085	中度耦合	产业发展滞后	0.5324	低度耦合	产业发展滞后
常州市	0.5775	低度耦合	产业发展滞后	0.5331	低度耦合	产业发展滞后	0.4766	低度耦合	产业发展滞后
苏州市	0.6797	中度耦合	环境规制滞后	0.6434	中度耦合	环境规制滞后	0.5642	低度耦合	产业发展滞后
南通市	0.6027	中度耦合	产业发展滞后	0.5446	低度耦合	产业发展滞后	0.4669	低度耦合	产业发展滞后
盐城市	0.5334	低度耦合	产业发展滞后	0.4974	低度耦合	产业发展滞后	0.4423	低度耦合	产业发展滞后
扬州市	0.5722	低度耦合	产业发展滞后	0.5265	低度耦合	产业发展滞后	0.4726	低度耦合	产业发展滞后
镇江市	0.5560	低度耦合	产业发展滞后	0.5320	低度耦合	产业发展滞后	0.4761	低度耦合	产业发展滞后
泰州市	0.5458	低度耦合	产业发展滞后	0.5078	低度耦合	产业发展滞后	0.4614	低度耦合	产业发展滞后
杭州市	0.6296	中度耦合	产业发展滞后	0.5932	低度耦合	产业发展滞后	0.4964	低度耦合	产业发展滞后
宁波市	0.6072	中度耦合	产业发展滞后	0.5851	低度耦合	产业发展滞后	0.5080	低度耦合	产业发展滞后
嘉兴市	0.5134	低度耦合	产业发展滞后	0.4933	低度耦合	产业发展滞后	0.4585	低度耦合	产业发展滞后
湖州市	0.5130	低度耦合	产业发展滞后	0.4986	低度耦合	产业发展滞后	0.4634	低度耦合	产业发展滞后
绍兴市	0.5398	低度耦合	产业发展滞后	0.5273	低度耦合	产业发展滞后	0.4628	低度耦合	产业发展滞后
金华市	0.5079	低度耦合	产业发展滞后	0.4887	低度耦合	产业发展滞后	0.4534	低度耦合	产业发展滞后
舟山市	0.5039	低度耦合	产业发展滞后	0.5314	低度耦合	产业发展滞后	0.4673	低度耦合	产业发展滞后
台州市	0.5178	低度耦合	产业发展滞后	0.5081	低度耦合	产业发展滞后	0.4645	低度耦合	产业发展滞后
合肥市	0.5516	低度耦合	产业发展滞后	0.5331	低度耦合	产业发展滞后	0.4708	低度耦合	产业发展滞后
芜湖市	0.5135	低度耦合	产业发展滞后	0.4907	低度耦合	产业发展滞后	0.4362	低度耦合	产业发展滞后
马鞍山市	0.4565	低度耦合	产业发展滞后	0.4396	低度耦合	产业发展滞后	0.4247	低度耦合	产业发展滞后
铜陵市	0.4704	低度耦合	产业发展滞后	0.4535	低度耦合	产业发展滞后	0.4141	低度耦合	产业发展滞后
安庆市	0.4608	低度耦合	产业发展滞后	0.4565	低度耦合	产业发展滞后	0.4279	低度耦合	产业发展滞后
滁州市	0.4676	低度耦合	产业发展滞后	0.4625	低度耦合	产业发展滞后	0.4412	低度耦合	产业发展滞后
池州市	0.4619	低度耦合	产业发展滞后	0.4569	低度耦合	产业发展滞后	0.4378	低度耦合	产业发展滞后
宣城市	0.4545	低度耦合	产业发展滞后	0.4433	低度耦合	产业发展滞后	0.4401	低度耦合	产业发展滞后

注：“十五”期间长三角城市群均表现出产业发展滞后,与环境规制低度耦合,因此表中不再列示。数据来源:各城市统计年鉴等公开统计资料

(3)时间分布上,长三角城市群环境与产业发展耦合度平稳提高

“十五”到“十三五”阶段,长三角城市群整体环境规制与产业发展耦合度显著提高,26个城市耦合度增速排名,上海>苏州>杭州>南京>南通>宁波>无锡>扬州>合肥>常州>镇江>泰州>芜湖>绍兴>盐城>嘉兴>湖州>舟山>台州>铜陵>安庆>金华>滁州>宣

城>池州>马鞍山。上海总体耦合度提高 0.3358, 而马鞍山 12 年期间仅提高 0.0244。

首先,“十一五”期间,除上海市耦合度增速快以外,其他各市产业与环境耦合度增长均不到 0.07,马鞍山耦合度呈现负增长。其次,“十二五”期间,长三角各城市产业与环境耦合度增速明显快于“十一五”期间,但安徽省各市增速相对缓慢;此阶段,安徽尚未成为长三角城市群成员省,环境规制与城市产业发展均落后于江苏和浙江。最后,“十三五”期间,2017 年仅为进入“十三五”期间的第二年,上海市和江苏省各市产业发展与环境规制耦合度增长值已基本达到“十一五”期间的增长值,浙江省和安徽省增长动力不足,舟山首次出现负增长,存在海岛产业发展与环境协调发展的问题,海岛产业结构亟需升级优化;上海市和江苏省对环境保护投资的规模在数量和程度上都远远高于安徽省,产业发展对环境具有正向反馈作用,较高的产业经济发展水平正式实现环境规制投资的物质前提和基础。

2.2.4 协调发展模型分析

当各系统的发展水平较低且相对接近时,耦合度不能准确和清楚地反映系统之间的协调程度,可建立协调发展模型详细分析,协调发展度的计算公式为(10):

$$\begin{cases} D = \sqrt{CZ} \\ Z = (aF_x + bF_y) \end{cases} \quad (10)$$

其中, a 和 b 反映两个系统的重要程度,将二者看作同等重要,即 a=b=0.5。

参考王仁祥和陆鹏飞^[26]的划分,将协调度划分为七种类型:完全协调(D=1);高水平协调(0.8≤D<1);较高水平协调(0.5≤D<0.8);中等水平协调(0.3≤D<0.5);低等水平协调(0.1≤D<0.3);极度失调(0<D<0.1);完全不协调(D=0)。

计算得到长三角 26 个城市产业发展与环境规制的协调度,“十三五”中期,上海市率先进入高水平协调发展阶段(协调度=0.8642),其他城市协调度处于 0.5-0.8 之间,达到较高水平的协调。总体来看,除马鞍山协调度没有明显增长外,其余各市协调度均在稳定提高,产业和环境发展相互正向促进。近几年我国环境规制政策实施取得较大成效,产业发展水平较高,与环境规制政策产生较强的相互协调作用。

2.3 灰色关联度模型分析

2.3.1 关联分析法模型

城市产业发展和环境规制,受很多复杂信息和不确定性要素影响,适用于利用灰色关联模型分析各要素之间的相互作用,直接找到产业发展和环境规制两系统之间耦合力的重要驱动力。

首先,根据公式(1)和公式(2)对数据进行标准化处理;

其次,求差序列,见公式(11):

$$\Delta_i(k) = |x'_1(k) - x'_i(k)|, k = 1, 2, 3, \dots, i \quad (11)$$

其中, $x_1(k)$ 为原数据序列, $x_i(k)$ 为另一系统的比较数列, 分别计算两极最大极差和最小极差记为 M 和 m。

接着, 计算关联系数, 引入 ρ , 根据最小信息原理, 令 $\rho=0.5$, 得到公式 (12) :

$$\gamma_{0i}(k) = \frac{N + \rho M}{\Delta_i(k) + \rho M}, \rho \in (0, 1) \quad (12)$$

最后, 计算灰色关联度公式 (13) :

$$d_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_{0i}(k), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (13)$$

2.3.2 灰色关联度实证结果分析

按照朱福林等^[27]的分类标准, 计算产业发展系统下的市场结构、行为、绩效与环境规制系统下的规制水平、压力、保护两两指标间的灰色关联度, 结果见表 4。

表 4 长三角 26 市产业发展与环境规制指标灰色关联度

指标		环境规制水平				环境规制压力				环境规制保护			平均值
		y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y ₆	y ₇	y ₈	y ₉	y ₁₀	y ₁₁	
产业 市场 结构	x ₁	0.8088	0.6538	0.8321	0.6871	0.6756	0.6530	0.6824	0.6852	0.7059	0.7962	0.8005	0.7255
	x ₂	0.7987	0.7518	0.6762	0.8215	0.8200	0.7953	0.8437	0.8275	0.7730	0.6434	0.6479	0.7635
	x ₃	0.8098	0.6551	0.8288	0.6889	0.6772	0.6546	0.6844	0.6877	0.7081	0.7934	0.7976	0.7260
	x ₄	0.6778	0.5521	0.9355	0.5769	0.5780	0.5505	0.5955	0.5794	0.5917	0.9592	0.9483	0.6859
产业 市场 行为	x ₅	0.6621	0.5380	0.9059	0.5604	0.5608	0.5346	0.5843	0.5629	0.5759	0.9411	0.9313	0.6688
	x ₆	0.6705	0.5459	0.9228	0.5696	0.5703	0.5441	0.5847	0.5718	0.5855	0.9551	0.9437	0.6785
	x ₇	0.7170	0.5797	0.9320	0.6085	0.5990	0.5809	0.6174	0.6017	0.6222	0.9118	0.9072	0.6979
	x ₈	0.7197	0.5844	0.9245	0.6136	0.6015	0.5861	0.6210	0.6037	0.6277	0.9043	0.8975	0.6985
产业 市场 绩效	x ₉	0.7768	0.6287	0.8634	0.6661	0.6501	0.6300	0.6633	0.6554	0.6772	0.8348	0.8326	0.7162
	x ₁₀	0.7345	0.5876	0.9177	0.6216	0.6212	0.5877	0.6384	0.6268	0.6298	0.8898	0.8884	0.7040
	x ₁₁	0.7240	0.5893	0.9454	0.6199	0.6042	0.5907	0.6211	0.6080	0.6345	0.9127	0.9065	0.7051
	x ₁₂	0.6780	0.5525	0.9330	0.5783	0.5778	0.5515	0.5940	0.5796	0.5922	0.9652	0.9481	0.6864
平均值		0.7315	0.6016	0.8848	0.6344	0.6280	0.6049	0.6442	0.6325	0.6436	0.8756	0.8708	0.7047

数据来源:各城市统计年鉴等公开统计资料

由表 4 可知,所有指标值间的灰色关联度均大于 0.53,表明环境规制与产业发展微观指标之间的相互影响强,现有环境水平、环境保护效果和产业市场结构相关的因素是促进两系统耦合协调发展的关键驱动力。将各指标由大到小进行排序,23 个微观指标中,平均关联度在 0.6-0.7 间的有 13 个,0.7-0.75 间的有 6 个,其中有 3 个指标超过 0.85,表明产业发展和环境规制各微观要素之间的关联性较强。环境规制体系中平均关联度最高的三个指标是 y_3 (城市排水管道长度)、 y_{10} (城市生活垃圾清运量)、 y_{11} (城市供水综合生产能力)均来自环境规制体系下的环境水平与环境保护,表明政府强制实施有效的环保举措,能够高水平规范市场行为,促进产业转型发展。产业发展体系中平均关联度最高的三个指标是 x_2 (城市人口密度)、 x_3 (人均 GDP)、 x_1 (人均地区生产总值),三个指标均超过 0.73,都属于产业市场结构,表明产业市场结构对环境规制的影响力最大。

3 结论与建议

3.1 结论

“十五”到“十三五”期间,长三角各城市群环境规制和产业协调发展,第一,发展耦合度稳步提高,但整体仍偏低,尚未形成良性互动机制。第二,各城市耦合协调度差异明显,上海和苏州耦合协调度高,率先进入环境规制滞后于产业发展阶段;安徽各市产业发展系统与环境规制系统参量数值差异仍较大。第三,整体环境规制与产业发展耦合度显著提高。第四,环境规制与产业发展各微观指标间灰色关联度高,产业市场结构、现有环境发展水平与环境保护成效对模型耦合驱动作用最强。

3.2 建议

根据实证结果,从促进长三角城市群产业发展和生态环境保护协同发展的角度,提出三点建议:

第一,城市产业升级发展与环境规制会产生“1+1>2”的协同放大效应。当前我国正处于经济、产业、环境转型升级的关键时期,长三角起着带头引领的作用,长三角城市群通过促进产业与环保的协调互动,为全国产业升级、技术创新与生态环境保护提供动力;各地应根据当地情况制定相应的耦合发展战略,探索城市群生态产业与经济耦合发展机制。

第二,发挥地区联动优势和比较优势,探索城市协同发展机制。上海、苏州、南京、杭州等市要继续保持协调优势;苏南的城市和浙北城市要充分利用地域优势,不断学习先进的创新环保技术;苏北地区和安徽省各市要调整产业布局,补齐短板,提高环保创新力,明确城市功能与发展地位。各个城市间培养环保高新技术产业集群,共同打造环境保护与城市创新科技开放平台,充分发挥长三角城市群一体化的优势,推动上海、苏州、杭州等城市引领和辐射周边城市。

第三,建立正确的城市产业发展与环境规制的监督和反馈系统,提高耦合效率。要继续完善制定产业经济和环保机制相协调的法律法规;加强各项环保政策与行业、区域市场的协同配合度,完善配套设施,增强技术支持能力,如进一步探索如何恰当灵活使用排放权和环境税费,规范与提高生态污染风险评估和生活污染损害评估技术,健全污染源监测和执法的实时网络评价和监管体制,促进环境经济政策的全面有效实施;形成健全的环境损害成本负担机制,处置污染成本的责任不明确,将导致市场主体规避大额资金投入环保、防控环境风险的内在动力严重不足。所以,要通过实行特殊产业税收优惠和建立指导性基金,引导政府、企业、个人的金融资本流向环境保护、产业技术创新、节能环保等领域。

参考文献:

[1]Gray W B. The cost of regulation:OSHA, EPA and the productivity slow [J].American Economic Review, 1987, 77(5):998-1006.

[2]Barbem A J, McConnell V D. The impact of environmental regulations on industry productivity: direct and indirect

effects[J]. Journal of environmental economics and management, 1990, 18(1):50-65.

[3]Gray W, Shadbegian R. Pollution abatement expenditure and Plant-level productivity: production function approach [J]. Ecological Economics, 2005, 54(2):196-208.

[4]Richard Kneller, Edward Manderson. Environmental regulations and innovation activity in UK manufacturing industries [J]. Resource and Energy Economics, 2012, 34(2):211-235.

[5]赵细康, 王彦斐. 环境规制影响污染密集型产业的空间转移吗?——基于广东的阶段性的观察[J]. 广东社会科学, 2016(05):17-32.

[6]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(08):1-10.

[7]De Vries F P, Withagen C. Innovation and environmental stringency: the case of sulfur dioxide abatement [M]. Tilburg: Tilburg University, 2005:1-33.

[8]白雪洁, 宋莹. 环境规制、技术创新与中国火电行业的效率提升[J]. 中国工业经济, 2009(08):68-77.

[9]蒋伏心, 王竹君, 白俊红. 环境规制对技术创新影响的双重效应——基于江苏制造业动态面板数据的实证研究[J]. 中国工业经济, 2013(07):44-55.

[10]Yana Rubashkina, Marzio Galeotti, Elena Verdolini. Environmental regulation and competitiveness: Empirical evidence on the Porter Hypothesis from European manufacturing sectors[J]. Energy Policy, 2015(83):288-300.

[11]韩国高. 环境规制、技术创新与产能利用率——兼论“环保硬约束”如何有效治理产能过剩[J]. 当代经济科学, 2018, 40(01):84-93+127.

[12]王仁祥, 崔雅倩. 中国金融-科技耦合脆弱性内涵及评价研究[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2018, 20(03):87-96.

[13] Paul Lanoie, Jérémy Laurent Lucchetti. Environmental Policy, Innovation and Performance: New Insights on the Porter Hypothesis[J]. Journal of Economics & Management Strategy, 2011, 20(3):803-842.

[14]张成, 于同申. 环境规制会影响产业集中度吗?——一个经验研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(03):98-103.

[15]李虹, 邹庆. 环境规制、资源禀赋与城市产业转型研究——基于资源型城市与非资源型城市的对比分析[J]. 经济研究, 2018, 53(11):182-198.

[16]黄光灿, 白东北, 王珏. FDI 对中国工业行业的选择效应研究——基于环境规制博弈的联立方程[J]. 财经论丛, 2019, 08(01):1-11.

[17]丁显有, 肖雯, 田泽. 长三角城市群工业绿色创新发展效率及其协同效应研究[J]. 工业技术经济, 2019, 38(07):67-75.

[18]周柯, 王尹君. 环境规制、科技创新与产业结构升级[J]. 工业技术经济, 2019, 38(02):137-144.

-
- [19]朱晋伟,梅静娴.不同规模企业间创新绩效影响因素比较研究:基于面板数据半参数模型[J].科学学与科学技术管理,2015(2):83-91.
- [20]郑春美,李佩.政府补助与税收优惠对企业创新绩效的影响:基于创业板高新技术企业的实证研究[J].科技进步与对策,2015(16):83-87.
- [21]吕明洁,陈瑜,曹莉萍.中国新能源企业创新绩效的影响因素:基于产业政策视角[J].技术经济,2016(1):43-50.
- [22]陈鲁夫,邵云飞.“钻石模型”视角下战略性新兴产业创新绩效影响因素的实证研究:以新一代信息产业为例[J].技术经济,2017(2):1-7,116.
- [23]王婧,吴烨伟,蓝梦,等.基于高阶梯队理论的电子工业创新绩效影响因素研究:高管认知研究视角[J].工业技术经济,2018(3):20-27.
- [24]Alpaye, Buccolas, Kerkvliet J. Productivity growth and environmental regulation in Mexican and U.S. food manufacturing[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2002(4):887-901.
- [25]龙小宁,万威.环境规制、企业利润率与合规成本规模异质性[J].中国工业经济,2017(6):155-174.
- [26]王仁祥,陆鹏飞.科技创新、绿色金融与产业政策的耦合关系——基于我国节能环保产业的分析[J].北京邮电大学学报(社会科学版),2019,21(01):26-37+118.
- [27]朱福林,张波,王娜,等.基于熵权灰色关联度的印度服务外包竞争力影响因素实证研究[J].管理评论,2017,29(01):53-61.