长江经济带环境规制强度时空演变及障碍因子分析

黄和平*，曾钰萍

（江西财经大学经济学院，江西南昌 330013）

【摘　要】科学监测环境规制强度并识别其障碍因子，是提升区域环境韧性、促进社会—经济—环境协同可持续发展的重要路径。本文基于政府主导、市场激励与公众参与三维框架，构建环境规制强度指标体系，采用CRITIC（Criteria Importance Through Intercriteria Correlation）-熵权组合法对长江经济带各省市2012—2022年环境规制强度进行测度，系统解析其时空分异特征与障碍因子。研究发现：①研究期环境规制强度总体呈现出波动上升趋势，从0.359增加到0.468，年均增速2.19%，区域协同发展效应显著。②空间分异上，下游地区＞中游地区＞上游地区，均值分别为0.515、0.447及0.401。中游地区增速最快（3.64%），而上游地区在均值（0.401）与增速（2.87%）上均显滞后。③全局莫兰指数反映出空间集聚特征持续强化，空间联动性显著提升。局部空间格局表现为“高—高”型集聚或“低—低”型集聚，且“高—高”型集聚的省市逐渐增多。④政府主导、市场激励与公众参与的障碍度平均值分别为43.45%、34.67%、21.89%。最后本文针对以上结果提出了相关政策建议。

【关键词】环境规制强度；CRITIC-熵权组合法；障碍因子；空间相关性

【中图分类号】X22；X32；X196　　【文章编号】1674-6252（2025）03-0005-09

【文献标识码】A　　【DOI】10.16868/j.cnki.1674-6252.2025.03.005

引言

环境规制是为实现经济、社会和环境的可持续发展，通过实施环保法律制度、利用市场调节机制，并辅之以公众作用的一种约束环境责任主体排放行为的安排[1,2]。在高质量发展背景下，约束环境责任主体排放行为，提升区域环境韧性和资源环境承载力，需要实施有效的环境规制，由此需对区域环境规制强度进行有效测度识别。长江经济带是中国重要的经济带和生态系统，拥有丰富的生物多样性和生态资源，但历经多年开发建设，传统的经济发展方式仍未根本转变，生态环境状况形势严峻。中央曾明确要求长江经济带需以生态优先、绿色发展为引领，推动长江上中下游地区协调发展。通过科学方法测度分析长江经济带各地区环境规制强度，可以促进长江经济带区域间的协调绿色发展；对阻碍各地区环境规制强度提高的障碍因子进行分析，进而了解阻碍环境规制强度提高的因素，为长江经济带及其他地区实现高质量发展提供经验借鉴和政策建议。

已有诸多学者对环境规制强度的影响效应展开相关研究，其中涉及对环境规制强度进行测度的主要有以下两个角度：一是选择环境规制强度的替代指标对环境规制进行测度。例如，陈瑶以地区工业污染治理完成投资额与地区工业增加值的比值表示

资助项目：国家社会科学基金项目“ESG行政嵌入对绿色发展的影响效应及政策标准体系优化研究”（2023BJY090）；国家自然科学基金项目“高质量发展背景下粮食主产区耕地生态集约利用的影响机理及调控政策研究”（42201294）。

作者简介：黄和平（1969—），男，博士，教授，博士生导师，研究方向为环境规划与管理等，E-mail: hphuang2004@163.com。

正式环境规制效果，探讨了其对工业绿色转型的影响 [3]。也有学者使用综合指标测度，如 Cees 和 Jeroen 采用 1990 年受污染面积占国土面积比、无铅汽油国内市场占有率、纸张回收率、玻璃回收率等指标，利用排序赋值法测得环境规制综合强度 [4]。二是分不同类型环境规制进行测度 [5,6]。比较常用的是采用经济合作与发展组织（OECD）的分类方法，将环境规制类型划分为命令控制型、市场激励型 [7] 及公众参与型 [8] 分别进行研究。也有少数学者综合两种角度进行测度，如夏学超等基于“政府—市场—公众”框架构建指标体系探讨了多元主体环境规制组合对降碳减污扩绿增长协同推进的联动效应及其路径选择 [9]，但由于研究侧重点的不同，指标选取并不完整。在研究范围上，环境规制强度的研究涉及全国及区域层面，对时空变化特征进行分析较为常见 [10]。还有少数学者研究了环境规制强度的影响因素，如市场化水平、经济发展水平、产业结构、城镇化水平和对外开放水平均有不同程度的影响 [11]。

梳理文献有以下几点发现：第一，由于研究侧重点的不同，多数学者根据需要选择某些替代指标进行研究，缺乏基于多视角的实证分析；第二，对于环境规制强度的影响分析大都聚焦于环境规制强度对于外部影响的分析，缺失对于强度提高的内部障碍因子分析。基于此，本文的创新点在于：第一，突破了传统研究的单一维度局限，为全面评估环境规制的综合效应提供了新的方法论支持，从政府、市场和公众三方入手构建指标体系测算，结合每个主体参与环境规制的特点选取指标进行测度；第二，使用改进的组合赋权方法，克服传统单一赋权方法可能导致的相关指标重复赋权问题产生的偏误；第三，依据测度结果分析其时空演进、相关性和障碍因子，以期对既有研究形成有效补充。

1 研究内容、方法与数据来源

1.1 指标体系构建

综合评价区域环境规制强度需从多角度出发。本文尝试构建融合多元主体的综合性环境规制强度指标体系，结合此前学者及 OECD 的分类方法，从政府主导、市场激励和公众参与 3 个角度选择了 8 个二级指标和 17 个三级指标。创新性地将公众参与纳入分析框架，构建政府—市场—社会三位一体的环境规制强度测量框架。这不仅更加符合环境治理多元共治的现实需求，也为理解环境规制的多主体协同效应提供了新的分析视角。

（1）政府主导的环境规制是命令控制型环境规制的核心表现形式。政府环境关注力度反映政府对环境问题的重视程度，本文参考李永友和沈坤荣 [11] 的研究，采用年度内出台的环境保护政策数量作为政策供给强度的代理变量，同时借鉴张建鹏和陈诗一 [12] 的方法，提取政府年度工作报告中与环境保护相关的关键词频数比重，以捕捉政策话语权重的动态变化。政府环境投资力度体现政府在环境治理中的资源投入，包括预防性投资和修复性投资：预防性投资以环保基础设施投资额表征，修复性投资则采用环境污染治理投资额度量 [13,14]。为消除区域经济规模差异的影响，本文对各项投资金额进行单位国内生产总值（GDP）标准化处理。政府环境治理力度通过环境治理结果间接反映规制强度，参考赵立君等 [15] 的研究，本文选取建成区绿地覆盖率、污水处理厂集中处理率及生活垃圾无害化处理率三个指标，分别衡量城市生态空间修复、水污染治理效能和固体废物管理能力。

（2）市场激励型环境规制需注意环境规制对市场行为的“成本—收益”双向驱动机制 [16]。本文从三个方面进行测度：①污染损害成本：整合约束性政策工具的经济代价指标，包括排污费 / 环境保护税征收规模 [17]、污染行政处罚金额 [18] 及废气废水治理设施年均运维成本 [19]；②资源消耗效率：采用单位地区生产总值能源消耗强度 [20]、单位工业增加值废水 / 废气排放量等负向指标，量化环境规制引致的技术改进效应；③绿色市场发育：借鉴环境权益交易市场成熟度评估框架 [21]，选取碳交易、用能权和排污权交易总额占 GDP 比重，以及环保项目绿色信贷占比 [22] 作为正向激励指标。

（3）公众参与作为非正式环境规制的重要手段，在现代化生态环境治理体系中发挥着不可替代的作用 [23,24]，市场逻辑和社会逻辑联动下的市场—公众协同能够提高环境治理绩效 [25]。本文选用“环境保护”“环境污染”等关键词的百度搜索指数作为公众关注力度的代理变量，以捕捉公众对环境议

题的实时关注动态。同时，公众支持力度通过群众信访或环保举报数[26]和人大、政协环保提案数[13]度量，这两类指标能够有效反映公众参与环境治理的主动性与行动力。

本文在环境规制指标体系构建中实现了以下创新：首先，针对政府主导维度，构建了“政策供给—资源投入—绩效产出”的动态评估框架，为命令控制型规制的效能评估提供了方法论创新；其次，在市场激励维度，创新性地从“成本激励—市场激励”二维联动视角出发，不仅量化了企业污染治理成本，还引入碳交易总额、环保信贷占比等绿色金融市场指标，揭示了环境规制对市场行为的双向驱动机制，弥补了现有研究对市场化激励工具关注不足的理论缺口；最后，在公众参与维度，构建了“认知—行动”双层次测度模型，为量化非正式环境规制的社会监督效应提供了新的分析视角。指标体系及熵值权重如表 1 所示。

表 1　区域环境规制作用强度综合评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	属性	组合权重
政府主导	环境关注力度	出台环境规制相关政策数量	+	0.086
		工作报告环境相关词频	+	0.046
	环境投资力度	单位 GDP 环保基础设施投资	+	0.067
		单位 GDP 环境污染治理投资	+	0.096
	环境治理力度	城市建成区绿地率	+	0.044
		城市污水处理率	+	0.056
		垃圾无害化处理率	+	0.039
市场激励	污染损害成本	单位 GDP 废气废水治理设施运行费用	+	0.065
		单位 GDP 排污费税	−	0.039
	环境消耗效率	单位 GDP 产生能耗	−	0.036
		单位 GDP 废水排放量	−	0.057
		单位 GDP 废气排放量	−	0.037
	绿色交易市场	碳交易、用能权、排污权交易额 / 权益市场交易总额	+	0.057
		环保项目信贷占比	+	0.057
公众参与	公众关注力度	百度搜索指数	+	0.053
	公众支持力度	人大、政协提案数	+	0.099
		群众信访或环保举报数	+	0.065

1.2 CRITIC- 熵权组合法

CRITIC 权重法是一种客观赋权法，通过指标间的对比强度和冲突性来确定权重。对比强度使用标准差表示，如果数据标准差越大说明波动越大，权重会越高。对于多指标多对象的综合评价问题，CRITIC 法能消除一些相关性较强的指标的影响，减少指标之间信息上的重叠。但学者们在研究中发现 CRITIC 法不能衡量指标之间的离散程度，而熵权法正是根据指标间的离散程度来确定指标权重的，因此综合使用 CRITIC 法和熵权法能够更加客观反映指标的权重。本文参考前人成果[27,28]对研究区环境规制作用强度进行测度评价。

1.3 Moran’s *I* 指数

空间自相关分析是研究相邻空间位置属性是否具有显著相关性的空间统计学方法。全局莫兰指数考察的是整个空间序列整体的空间集聚情况，局部莫兰指数则反映的是相对于某一个区域周边的集聚情况。引入空间序列 $\{x_i\}_{i=1}^{n}$，本文研究 11 个省份区域，即 n=11，x_i 为环境规制强度，全局莫兰指数和局部莫兰指数分别表示为[29]：

$$I=\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}\left(x_i-\bar{x}\right)\left(x_j-\bar{x}\right)}{S^2\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}} \tag{1}$$

$$I_i=\frac{\left(x_i-\bar{x}\right)}{S^2}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}\left(x_j-\bar{x}\right) \tag{2}$$

$$S^2=\sum_{i=1}^{n}\frac{\left(x_i-\bar{x}\right)^2}{n} \tag{3}$$

S^2 表示样本方差；w_{ij} 是空间权重矩阵的（i，j）元素。莫兰指数的取值范围在 [−1，1]，大于 0 表示正自相关，即省份之间高值与高值集聚、低值与低值集聚；小于 0 表示高值与低值集聚，存在负自相关。通过绘制地区局部莫兰散点图可以直观反映出各地区环境规制强度的空间集聚情况。

1.4 障碍度模型

利用障碍因子诊断模型对长江经济带环境规制强度的障碍因子进行评价，障碍度计算公式为[30]：

$$T_{ij}=1-x_{ij} \tag{4}$$

$$Q_{ij} = \frac{T_{ij} \times q_i}{\sum_{j=1}^{n} T_{ij} \times q_{ij}} \quad (5)$$

式中，T_{ij} 为第 i 个地区第 j 项指标的偏离度；x_{ij} 为第 i 个地区第 j 项指标的标准化值；q_i 为第 j 项指标的权重；Q_{ij} 为第 i 个地区第 j 项指标的障碍度，取值越大表明该因子对环境规制发展的阻碍作用越明显。

1.5 数据来源

本文使用的原始数据及相关计算主要引自《中国环境统计年鉴》《中国统计年鉴》、各个省份统计年鉴和政府工作报告、百度官方公布的百度指数。

2 结果与分析

2.1 时空演变特征

根据 CRITIC- 熵权组合法，计算得出长江经济带上、中、下游环境规制强度变化（图 1）。研究期内长江经济带环境规制强度整体呈波动上升趋势，年均增长率为 2.19%，这种上升趋势反映了国家在生态文明建设和绿色发展方面的政策逐步落实。但各阶段各地区增速差异显著，反映了地方政府在环保措施上的响应和推进存在异质性，与中央政策密集出台及地方执行力度密切相关。

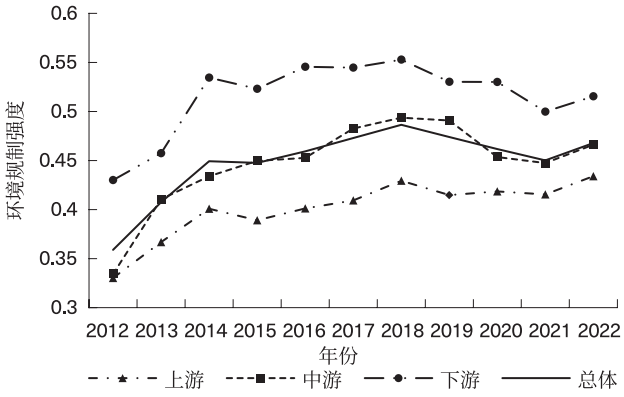


图 1　长江经济带上、中、下游环境规制强度变化

2.1.1 时间变化特征

根据政策设计及强度变化情况可以分为三个时期：①环境政策框架形成期（2013—2016 年）：此阶段响应速度快，效果显著。2013 年“大气十条”、2015 年“水十条”及 2016 年“土十条”等国家级环保政策相继落地。自 2015 年以来，中央有关部委加强对地方环境保护的监管力度，从而推动了环境规制强度的显著提升。例如，安徽省 2015 年强度值跃升了 6.2% 达到 0.546，江西、湖北等中游省份 2016 年后增速加快，反映了地方政府对中央政策的快速响应。②长江经济带专项治理深化期（2017—2020 年）：2017 年《长江经济带生态环境保护规划》实施，强化“共抓大保护”导向，下游地区如江苏、浙江因工业污染治理压力大，规制强度维持高位，均值达 0.515；中游省份（如湖南、湖北）则通过淘汰落后产能、发展绿色产业，年均增长率达 3.64%，增速居首。③“双碳”目标下结构性调整期（2020—2022 年）：“双碳”目标提出后，环境规制更注重与产业升级协同。下游地区因产业基础完善，规制强度趋于稳定；中上游地区则因承接产业转移，规制强度持续提升，如贵州 2022 年达 0.46，较 2020 年增长 10.5%。然而因受 2020—2021 年新冠肺炎感染影响，环境投资金额有所下降，导致中游和下游环境规制强度有所下降。

2.1.2 空间分异特征

环境规制强度的空间分异呈现下游 > 中游 > 上游的特征，分别为 0.515、0.447 和 0.401。这与区域经济结构、环境问题紧迫性及财政能力的差异密切相关。

由于上海、江苏等下游省份工业化与城市化水平高，环境容量接近阈值，倒逼地方政府加强环境规制以应对公众的关注和环境治理的需要。此外，下游地区财政实力雄厚，可支撑高成本治理技术，推动规制效果边际优化，因此环境规制强度最高。中游地区如安徽、江西等省份正处于“传统产业转型—新兴产业培育”的关键期，长江生态补偿机制等中央财政转移支付与地方产业政策形成合力，既缓解了环保投入压力，又通过绿色产业提升规制效率，推动中游环境规制强度年均增长率显著高于下游。四川、云南等上游省份经济基础较弱，依赖矿产开发等资源型产业，短期内环保投入可能挤压经济增长空间；加之生态退化等环境问题具有隐蔽性，公众诉求弱于下游，导致规制强度长期偏低。

为直观反映各地区强度变化情况，进行强度变化、均值排序及增长率排序（表 2）。由表 2 可知，长江经济带环境规制强度各地区增长速度存在差

异，各地区年均增长率排名与环境规制强度均值排名差异显著，这表明不同地区的环境规制力度提升速度并不完全取决于其政策严格程度、市场激励水平和公众参与程度。

表2　研究区11个省（市）2012—2022年强度排序变化、环境规制强度均值及增长率排序

省市	2012—2022年排序变化	均值排序	年均增长率排序
上海	4→3	4	5
江苏	1→2	1	10
浙江	2→1	2	9
安徽	5→4	3	1
江西	7→8	6	6
湖北	6→5	5	4
湖南	10→7	9	3
重庆	8→9	7	7
四川	3→10	10	11
贵州	9→6	8	2
云南	11→11	11	8

对于江苏和浙江等经济强省，产业结构高级化程度领先，其环境规制强度已达维稳阶段，因此年均增长率较低。这也反映出发达省份发展重点逐渐转向如何提升环境政策的质量和效率，如通过制度创新（如碳交易试点）突破治理瓶颈。安徽、贵州等省份依托中央政策倾斜，对于政策的响应表现最为突出，安徽年均增长率高居第1位，与其2015年后密集出台新能源汽车扶持政策、承接长三角产业转移密切相关；贵州省受益于国家生态扶贫政策及产业绿色化转型，增长率位列第二。上游地区如四川、云南受制于资源型经济锁定效应与财政能力不足，环境规制长期处于“低均值—低增长”状态。四川年增长率最低，根源在于依赖水电与重工业的经济模式，环保投入长期滞后。

环境规制强度排序的变化，本质是政策干预、经济转型与区域能力交互作用的结果。未来不同地区需差异化施策：如下游地区应探索规制工具的市场化转型；中游地区需巩固政策红利，防范治理波动；上游地区则须强化跨区域协同机制，寻找生态产品价值实现路径，实现横向补偿。

2.2 空间相关性分析

为避免单一地理矩阵可能忽略的隐含经济空间的相互作用，空间经济距离矩阵（非对称）能够更好地捕捉单向经济联系，适用于分析更复杂的经济互动模式。因此本文采用空间邻接矩阵（$W1$）和空间经济距离矩阵（非对称）（$W2$），计算2012—2022年全局Moran’s I指数（莫兰指数）。结果如表3所示。

表3　基于多元空间矩阵的长江经济带环境规制强度全局莫兰指数

年份	空间邻接矩阵 $W1$		空间经济距离矩阵 $W2$	
	全局莫兰指数	Z（I）	全局莫兰指数	Z（I）
2012	0.235**	1.785	0.015	1.244
2013	0.215*	1.592	0.008	1.120
2014	0.303**	2.099	0.094**	2.058
2015	0.395***	2.495	0.140***	2.488
2016	0.533***	3.157	0.231***	3.408
2017	0.570***	3.468	0.241***	3.603
2018	0.643***	3.787	0.227***	3.419
2019	0.712***	4.050	0.272***	3.836
2020	0.488***	3.150	0.160***	2.815
2021	0.441***	3.098	0.168***	3.046
2022	0.505***	3.331	0.230***	3.640

（1）全局空间自相关分析。表3展示了2012—2022年长江经济带各省市环境规制强度的全局莫兰指数计算结果。由表3可知，样本期间各省市环境规制强度的全局莫兰指数均显著为正，这一结果揭示了环境规制强度的空间聚集特征，即呈现典型的“高—高”与“低—低”空间聚类格局，各省市环境规制强度表现出显著的空间依存关系，区域间的环境规制政策可能存在协同效应。进一步观察全局莫兰指数的变动趋势，两个矩阵都呈现出在2012—2019年上升、2020—2021年下降、2022年再上升的态势，且后期显著程度高于前三年，说明长江经济带各省市环境规制强度水平空间集聚特征随着时间的推移不断加强，区域间的关联程度逐步提高。

究其原因，长江经济带作为国家战略区域，各省市之间联系紧密。第一，高规制强度地区能够通过政策示范效应，带动周边地区提升规制强度，形

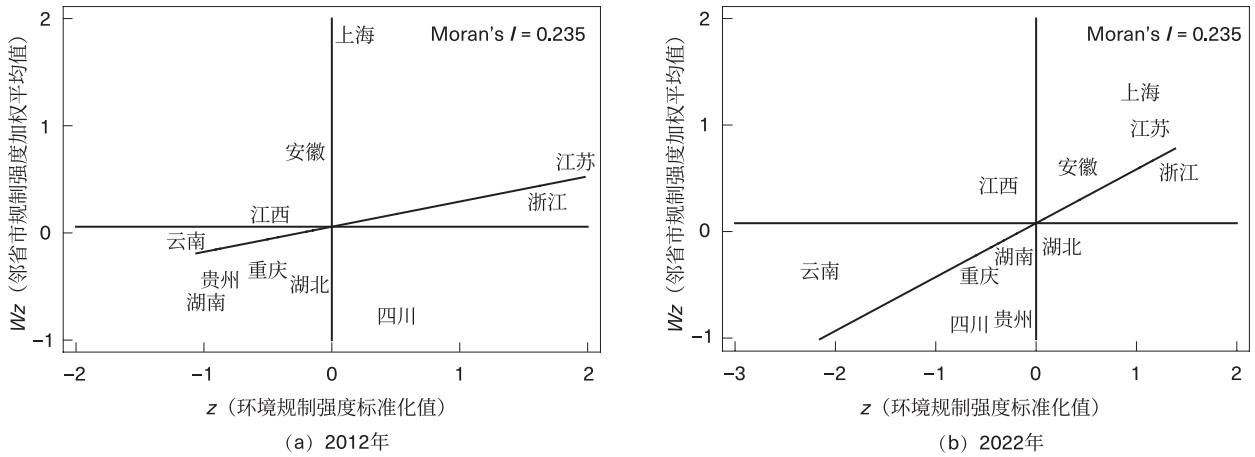
成空间集聚。第二，下游地区凭借其经济与技术优势，通过产业转移和技术扩散，推动中上游地区环境规制强度的提升。这种经济联系强化了区域间的空间依存关系。第三，长江流域的环境问题具有显著的跨区域外部性，迫使各省市在环境规制上采取协同行动。例如，上游地区的水质治理直接影响下游地区的生态安全，这种外部性进一步强化了区域间的空间关联。

（2）局部空间自相关分析。本文列出了空间邻接矩阵 2012 年与 2022 年两个时间节点的局部莫兰指数散点图（图 2）。由图 2 可知，样本期间大部分省市都处在表征“高—高”型集聚的第一象限或表征“低—低”型集聚的第三象限，说明长江经济带各省市环境规制强度水平呈现出高度集聚的态势，具有显著的空间相关性。具体来说，2012 年的局部莫兰指数散点图中，江苏、浙江集中在第一象限，表现为“高—高”型集聚；而云南、重庆、湖南和湖北集中在第三象限，表现为“低—低”型集聚。此外，江西、安徽等地区协同发展水平不高，但由于临近高水平耦合协同发展地区，彼此之间存在一定的空间依赖性，故表现为“低—高”型集聚。观察变动情况，2022 年的局部莫兰指数散点图显示上海、安徽转化为“高—高”型集聚，而四川转化为“低—低”型集聚。分区域来看，下游地区的省级区域主要集中在第一象限，属“高—高”型集聚，说明下游地区环境规制强度较高且体现出一定的空间溢出性；而上游和中游地区的省级区域多表现为“低—低”型集聚，说明上游和中游地区环境规制强度有待进一步提高。总的来说，随着时间的推移呈“高—高”型集聚的省市逐渐增多，且空间集聚效应增强。

2.3 障碍因子分析

运用障碍度模型对长江经济带环境规制强度主要障碍因子进行诊断，计算出各指标障碍度，进一步明晰制约长江经济带环境规制强度的因素。研究发现，政府主导、市场激励与公众参与的障碍度平均值分别为 43.45%、34.67%、21.89%，且障碍度各个年份变动很小。这反映出三种类型的环境规制发挥的作用较为稳定，政府主导环境规制的力度还需进一步增强。进一步观察 2012—2022 年长江经济带各省市环境规制发展排名前五位的障碍因子（表 4），影响长江经济带各省市环境规制强度的障碍因子主要有人大、政协提案数，环境污染治理投资，法规数量，环保基础设施投资，群众信访或环保举报数和废气废水治理设施运行费用①。

排名前 5 的障碍因子中，政府主导层面占 3 个，分别有环境污染治理投资、法规数量、环保基础设施投资。这表明政府主导环境规制力度与环境规制发展速度不匹配，若治理投资不足，会导致污染治理技术和设施落后，环境污染难以有效控制，影响环境规制的实际成效，而充足的治理投资可以直接改善环境质量，提高污染治理的效果。此外，各省市在环保相关的法律法规制定上都存在一



（a）2012年　　（b）2022年

图 2　长江经济带环境规制强度局部莫兰指数散点

① 其中有 5 个省份是“群众信访或环保举报数”排在第五位，有 6 个省市是“废气废水治理设施运行费用”。

表4　长江经济带11个省市影响环境规制发展排名前五位的障碍因子

地区	障碍因子指标排序				
	1	2	3	4	5
上海	人大、政协提案数（10.16%）	环境污染治理投资（9.64%）	法规数量（8.64%）	环保基础设施投资（6.84%）	治理设施运行费用（6.58%）
江苏	人大、政协提案数（10.06%）	环境污染治理投资（9.71%）	法规数量（8.61%）	环保基础设施投资（6.82%）	治理设施运行费用（6.49%）
浙江	人大、政协提案数（10.02%）	环境污染治理投资（9.61%）	法规数量（8.56%）	环保基础设施投资（6.84%）	群众信访或环保举报频次（6.53%）
安徽	人大、政协提案数（10.11%）	环境污染治理投资（9.61%）	法规数量（8.49%）	环保基础设施投资（6.68%）	群众信访或环保举报频次（6.53%）
江西	人大、政协提案数（10.09%）	环境污染治理投资（9.64%）	法规数量（8.77%）	环保基础设施投资（6.62%）	群众信访或环保举报频次（6.53%）
湖北	人大、政协提案数（9.99%）	环境污染治理投资（9.67%）	法规数量（8.64%）	环保基础设施投资（6.76%）	治理设施运行费用（6.56%）
湖南	人大、政协提案数（10.00%）	环境污染治理投资（9.70%）	法规数量（8.72%）	环保基础设施投资（6.79%）	治理设施运行费用（6.59%）
重庆	人大、政协提案数（10.06%）	环境污染治理投资（9.76%）	法规数量（8.80%）	环保基础设施投资（6.72%）	治理设施运行费用（6.58%）
四川	人大、政协提案数（9.93%）	环境污染治理投资（9.72%）	法规数量（8.66%）	环保基础设施投资（6.75%）	治理设施运行费用（6.55%）
贵州	人大、政协提案数（10.12%）	环境污染治理投资（9.47%）	法规数量（8.68%）	环保基础设施投资（6.76%）	群众信访或环保举报频次（6.64%）
云南	人大、政协提案数（10.03%）	环境污染治理投资（9.49%）	法规数量（8.69%）	环保基础设施投资（6.77%）	群众信访或环保举报频次（6.59%）

定程度的滞后，法规内容与当地环境问题不匹配或是法规的可操作性较差，难以满足复杂的环境监管需求。

市场激励层面的障碍因子中排在前5名的有废气、废水治理设施运行费用。治理设施的运行费用越高，企业的污染治理成本越高，能间接激励企业的环保行为。这项障碍因子只在上海、江苏、湖北、湖南、重庆和四川进入前5且排名最末，但市场激励总体的障碍度高于公众参与，说明市场激励层面的指标障碍度相较于公众参与层面的指标较为接近，方差较小。

公众参与层面，首先应该关注的是人大、政协提案数，在各个省市乃至各个年份都为第1障碍因子，提案数量不足从侧面说明公众和代表对环保议题的了解和参与度有限，或下级提案未能得到充分重视和有效反馈。应鼓励人大代表和政协委员积极收集、整理群众反映的环境问题，形成更多具有实际意义的提案。然后是浙江、安徽、江西、贵州和云南的第5障碍因子即解决群众信访或环保举报件数，反映出群众对于环境问题的敏感程度较低，未来应通过宣传和教育提高公众的环保意识，提高公众监督力度。

3 结论和政策建议

3.1 结论

（1）从时间上看，十年来环境规制强度总体呈现出波动上升趋势，从0.359增加到0.468，年均增长率为2.19%。

（2）从空间上看，研究期内的平均强度值下游 > 中游 > 上游，分别为0.515、0.447和0.401。从增长速度来看，上游、中游、下游年均增长率分别

为 2.87%、3.64% 及 2.00%，增长速度最快的是中游地区。

（3）长江经济带各省市环境规制强度空间集聚特征随时间推移而加强，地区间的关联程度提高。大部分省市为“高—高”型集聚或“低—低”型集聚，且随着时间的推移呈“高—高”型集聚的省市逐渐增多，空间集聚效应增强。

（4）影响长江经济带环境规制强度的前 5 名障碍因子主要有人大、政协提案数，环境污染治理投资，法规数量，环保基础设施投资，群众信访或环保举报数和废气废水治理设施运行费用①，其中政府主导层面的占三席。

3.2 政策建议

（1）健全地方环保立法，加强法规的执行和监督力度，同时加强环保政策的连续性和稳定性。在国家环保政策框架下，因地制宜，制定符合地区特点的环境保护法规，确保环境问题的法律约束力。对于重点污染源地区，推行更严格的环境规制政策。各地区也可效仿中央环保督察机制和标准，采用“中央督察 + 地方创新”模式因地制宜实行督察工作。

（2）保持区域协调发展的同时，提高环境规制效率，促进绿色经济与环保技术发展。目前长江经济带下游地区环境规制水平进入维稳阶段，接下来的提高不仅应该提高环境投入的“量”，更应着重提高“质”。例如，推广绿色产业，优化能源结构等。一方面，上游和中游地区应推动环保技术的研发和引进，提高环境治理的效率与效果，减少对传统重污染产业的依赖；另一方面，环境规制强度变化存在空间相关性，通过下游地区先实现“提质增效”再辐射其他地区，能够高效实现区域环境规制协调发展。

（3）加大环境污染治理的财政投入，同时完善跨区域生态补偿机制，平衡经济发展与环境保护的关系。第一，增加对污染治理项目的资金支持，提高污染治理技术水平。第二，通过逐步建立完善的绿色金融支持体系和生态产品价值实现机制，普及碳交易，实现横向补偿，提供环境保护的资金支持。第三，设立专项环保基金，确保环境治理的资金持续和稳定来源，通过引入社会资本、发放绿色债券、提供税收优惠等方式扩大环保资金的来源。

（4）强化社会监督与公众参与。通过宣传教育提高公众的环保意识，鼓励民间环保组织参与环境治理，形成“政府 + 社会”的共同治理模式。建立环保议题反馈机制：鼓励人大代表和政协委员积极收集、整理群众反映的环境问题，形成更多具有实际意义的提案。同时，政府可以定期公布提案的进展和处理结果，以增加透明度，激励更多公众和代表关注环保议题。

致谢：感谢江西财经大学图书馆谢小英老师在本文写作过程中帮助搜集资料和查阅文献。

参考文献

[1] TIAN Y, FENG C. The internal-structural effects of different types of environmental regulations on China’s green total-factor productivity[J]. Energy economics, 2022, 113: 106246.

[2] LIAO X C, SHI X P. Public appeal, environmental regulation and green investment: evidence from China[J]. Energy policy, 2018, 119: 554-562.

[3] 陈瑶 . 环境规制影响工业绿色转型的中介及门槛效应研究 [J]. 财经理论与实践 , 2023, 44(6): 130-137.

[4] VAN BEERS C, VAN DEN BERGH J C J M. An empirical multi‐country analysis of the impact of environmental regulations on foreign trade flows[J]. Kyklos, 1997, 50(1): 29-46.

[5] 王芳 . 我国环境规制强度测度及其对就业规模的影响——基于省际动态面板数据的实证分析 [J]. 中国环境管理 , 2021, 13(1): 121-127, 75.

[6] 程都 , 李钢 . 环境规制强度测算的现状及趋势 [J]. 经济与管理研究 , 2017, 38(8): 75-85.

[7] 许文立 , 孙磊 . 市场激励型环境规制与能源消费结构转型——来自中国碳排放权交易试点的经验证据 [J]. 数量经济技术经济研究 , 2023, 40(7): 133-155.

[8] 马勇 , 童昀 , 任洁 , 等 . 公众参与型环境规制的时空格局及驱动因子研究——以长江经济带为例 [J]. 地理科学 , 2018, 38(11): 1799-1808.

[9] 夏学超 , 孙慧 , 祝树森 , 等 . 多元主体环境规制组合如何实现降碳减污扩绿增长协同推进？ [J]. 中国人口 · 资源与环境 , 2024, 34(8): 22-35.

[10] 张晓敏 , 邬娜 , 钟诗雨 , 等 . 我国环境规制强度时空变化研究 [J]. 环境工程技术学报 , 2022, 12(6): 2140-2147.

[11] 李永友 , 沈坤荣 . 我国污染控制政策的减排效果——基于省

① 其中有 5 个省份是“群众信访或环保举报数”排在第五位，有 6 个省市是“废气废水治理设施运行费用”。

际工业污染数据的实证分析 [J]. 管理世界 , 2008(7): 7-17.
[12] 张建鹏 , 陈诗一 . 金融发展、环境规制与经济绿色转型 [J]. 财经研究 , 2021, 47(11): 78-93.
[13] 王红梅 . 中国环境规制政策工具的比较与选择——基于贝叶斯模型平均 (BMA) 方法的实证研究 [J]. 中国人口 · 资源与环境 , 2016, 26(9): 132-138.
[14] 王勇 , 李建民 . 环境规制强度衡量的主要方法、潜在问题及其修正 [J]. 财经论丛 , 2015(5): 98-106.
[15] 赵立君 , 李海东 , 马伟波 , 等 . 生态城市建设观测指标 : 基于人与自然和谐共生的考察 [J]. 生态与农村环境学报 , 2022, 38(8): 953-962.
[16] 黄和平 , 李莹 . 环境税费改革对能源利用效率的影响与作用机制研究 [J]. 中国环境科学 , 2023, 43(7): 3821-3834.
[17] DEPREN Ö, KARTAL M T, AYHAN F, et al. Heterogeneous impact of environmental taxes on environmental quality: tax domain based evidence from the Nordic countries by nonparametric quantile approaches[J]. Journal of environmental management, 2023, 329: 117031.
[18] 甘甜 , 王子龙 . 长三角城市环境治理效率测度 [J]. 城市问题 , 2018(1): 81-88.
[19] 李强 , 王琰 . 环境规制与经济增长质量的 U 型关系 : 理论机理与实证检验 [J]. 江海学刊 , 2019(4): 102-108.
[20] 史丹 , 李少林 . 排污权交易制度与能源利用效率——对地级及以上城市的测度与实证 [J]. 中国工业经济 , 2020(9): 5-23.
[21] 刘华珂 , 何春 . 绿色金融促进城市经济高质量发展的机制与检验——来自中国 272 个地级市的经验证据 [J]. 投资研究 , 2021, 40(7): 37-52.
[22] 史代敏 , 施晓燕 . 绿色金融与经济高质量发展 : 机理、特征与实证研究 [J]. 统计研究 , 2022, 39(1): 31-48.
[23] 谢云飞 , 黄和平 . 环境信息公开对城市生态效率的影响及作用机制 [J]. 华东经济管理 , 2022, 36(5): 79-88.
[24] YU C Y, LONG H Y, ZHANG X, et al. The interaction effect between public environmental concern and air pollution: evidence from China[J]. Journal of cleaner production, 2023, 391: 136231.
[25] 涂天诚 , 郭道久 . 省级政府环境治理绩效的组态生成机制研究——基于多重制度逻辑的动态 FSQCA 分析 [J]. 中国环境管理 , 2024, 16(1): 114-126.
[26] 任小静 , 屈小娥 . 我国区域生态效率与环境规制工具的选择——基于省际面板数据实证分析 [J]. 大连理工大学学报 (社会科学版), 2020, 41(1): 28-36.
[27] 吴忠 , 关娇 , 何江 . 最低工资标准测算实证研究——基于 CRITIC- 熵权法客观赋权的动态组合测算 [J]. 当代经济科学 , 2019, 41(3): 103-117.
[28] 罗新星 , 彭素华 . 绿色供应链中基于 AHP 和 TOPSIS 的供应商评价与选择研究 [J]. 软科学 , 2011, 25(2): 53-56.
[29] 方时姣 , 肖权 . 中国区域生态福利绩效水平及其空间效应研究 [J]. 中国人口 · 资源与环境 , 2019, 29(3): 1-10.
[30] 罗海平 , 李卓雅 , 王佳铖 . 基于 PSR 模型的中国粮食主产区农业生态安全评价及障碍因素诊断 [J]. 统计与信息论坛 , 2022, 37(1): 22-33.

Spatiotemporal Evolution and Obstacle Factors of Environmental Regulation Intensity in the Yangtze River Economic Belt

HUANG Heping*, ZENG Yuping
(School of Economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China)

Abstract: Scientific monitoring of environmental regulation intensity and identification of its obstacle factors are critical pathways to enhance regional environmental resilience and promote the coordinated sustainable development of society, economy and environment. This study constructed an environmental regulation intensity index system based on a tripartite framework encompassing government-led initiatives, market incentives and public participation. Employing the CRITIC-entropy weight combination method, we measured the environmental regulation intensity across provinces in the Yangtze River Economic Belt from 2012 to 2022, systematically analyzing its spatiotemporal differentiation characteristics and obstacle factors. The findings revealed that: ① Environmental regulation intensity during the study period exhibited a fluctuating upward trend, increasing from 0.359 to 0.468, with an average annual growth rate of 2.19%, demonstrating significant regional synergistic effects. ② In term of spatial heterogeneity, the intensity ranked as follows: downstream > midstream > upstream gradient, with mean values of 0.515, 0.447, and 0.401, respectively. The midstream regions demonstrated the fastest growth rate (3.64%), while the upstream regions lagged behind in both mean value (0.401) and growth rate (2.87%). ③ The Global Moran's Index indicated a continuous strengthening of spatial agglomeration and a significant enhancement in spatial connectivity, with local spatial patterns dominated by "high-high" and "low-low" clusters, where "high-high" clusters expanded progressively. ④ The average constraint intensities of government-led measures, market incentives, and public participation were 43.45%, 34.67%, and 21.89%, respectively. Targeted policy recommendations were proposed to address these findings.

Keywords: environmental regulation intensity; CRITIC-entropy weight combination method; obstacle factors; spatial correlation