

创新政策组合促进区域绿色创新水平吗？——市场化与数字经济的双重调节

龚可凝

同济大学经济与管理学院，上海，200092；

摘要：基于 2016-2023 年我国省级面板数据，本文对创新政策组合影响区域绿色创新的机理进行了系统检验。研究发现，创新政策组合能够显著促进区域绿色创新水平。进一步的机制分析表明，市场化水平和数字经济发展水平在创新政策组合与绿色创新水平之间发挥正向调节作用。研究从量化角度拓展了政策组合特征的测度框架，并对优化政策结构、增强区域绿色创新能力具有一定的理论与实践意义。

关键词：创新政策组合；绿色创新；影响机制；调节效应

DOI：10.64216/3080-1486.25.11.017

引言

随着全球可持续发展议程的不断深入，绿色创新已成为推动经济增长与生态保护协同并进的关键路径。政策层面，中央政府出台了如《“十四五”能源领域科技创新规划》、《碳达峰行动方案》等政策，设计了明确的碳减排目标和产业转型路线。同时，地方政府根据自身的经济结构和资源禀赋，设计了差异化的创新政策组合。在这些政策推动下，中国绿色创新产出整体提升。然而，在政策持续加码的背景下，区域绿色创新水平任受制于政策响应效果与地方治理能力的不平衡，亟需对政策实施效果进行系统性检验。

现有研究已为“政策干预能够促进绿色创新产出”提供了初步证据^[1]。在单项政策评估的基础上，学界引入“政策组合”视角，并将工具划分为供给型、环境型与需求型三类^[2]。由此把分析尺度扩展至整体性的创新政策体系。然而，关于“政策如何影响区域绿色创新”的实证多集中于两三类工具的线性评估，且偏重环境型政策^[1,3,4]，缺乏对政策组合内部结构特征与区域绿色创新之间关系的深入分析。已有证据表明，仅靠增加政策数量并不一定能提升绿色创新绩效，关键在于工具之间的协同性与实施的匹配度^[5]。此外，绝大多数对政策组合特征的研究以定性研究方法为主^[6-8]，难以准确探讨创新政策组合特征及其对区域绿色创新水平的影响。综上，有必要构建一套可度量的指标体系来反映政策组合的结构特征，并据此系统检验其对区域绿色创新水平的影响机制。

本文搜集了“环保”、“科技”和“知识产权”领域内以“绿色创新”为政策目标的政策，涵盖公共服务、

设施建设、金融支持和鼓励引导等十四类政策子工具的组合，系统分析了创新政策组合对区域绿色创新水平的影响机制。本文的研究贡献体现在以下几个方面：

第一，政策工具识别上更精准。本文参考霍朝光（2023）的政策工具自动分类模型^[9]，对搜集到的政策文件进行多类别文本分类，可以减少人工编码带来的主观性偏差。第二，在表征政策组合特征时提供新的视角。2016 年，Rogge 和 Reichard 提出扩展的政策组合概念，在该定义中，“政策组合”由元素、过程、维度和特征组成^[10]。本文沿用 Schaffrin 等人的方法使用 1-Simpson 指数来测算中国地区政策工具组合的平衡性^[11]，并在此基础上构建强度和平衡度的交互项来体现二者的协同作用。第三，本文在探究制度对创新的影响时，采用跨领域和跨工具类别的政策组合，能够更有效地应对双重外部性问题。

1 文献综述与理论分析

1.1 创新政策组合对区域绿色创新水平的影响分析

21 世纪以来，政策问题与治理情境日益多元且相互耦合，单一政策工具已不足以应对新技术带来的复杂环境风险。随着社会技术系统的不断演变，政策组合也日趋复杂，由此引发了对政策组合的深入研究^[12]。

关于创新政策组合促进绿色创新的研究，大致沿两条路径展开：其一，采用数值仿真考察税收减免、财政补贴等特定工具对绿色创新行为演化的作用，结论显示合理的工具搭配可实现激励最优^[13]。其二，强调对政策组合特征的概念化与量化更为关键。例如，以“密度”

衡量政策工具的数量与覆盖面,体现政策投入活跃度与强度^[14],以“平衡度”表征不同类型工具的搭配结构,反映政策工具之间的互补性与协调性^[15]。为刻画政策工具组合在“量”和“结构”上的互动效应,本文构建了密度和平衡度的交互项变量。相关做法在政策组合、创新政策与环境政策文献中已有初步应用^[10,14],但在实证层面对其合力机制的探讨仍较为有限。总而言之,学界普遍认为综合性的政策组合对企业创新具有积极影响^[16]。因此,本文提出假设:

H1: 创新政策组合显著促进区域绿色创新水平。

1.2 创新政策组合对区域绿色创新水平的机制分析

1.2.1 市场化水平的调节效应

市场化水平对于创新政策组合促进绿色创新可能存在正向调节效应。这可能是因为:

(1) 随着市场化进程的推进,市场机制将为政策的制定与执行提供更加公证透明的施政环境^[17]。(2) 市场趋于竞争会有有效降低行业内的资源错配程度^[18]。也就是说,在竞争程度较高的环境中,政府可能会更加公平地将补贴发到各个企业。(3) 王桂军和张辉(2020)的研究表明,市场竞争可以通过提高研发资金配置效率对政府补贴促进企业创新起到显著的正向调节效应^[19]。

因此,市场化水平是创新政策组合提升区域绿色创新水平的基本保障机制,调节创新政策组合与区域绿色创新水平的关系。

H2: 市场化水平在创新政策组合与区域绿色创新水平关系中发挥正向调节作用。

1.2.2 数字经济发展水平的调节效应

数字经济发展水平对于创新政策组合促进绿色创新可能存在正向调节效应。这可能是因为:

(1) 根据区域创新系统理论,区域内的知识和信息的共享对于促进技术创新和提升产业竞争力至关重要^[20]。当区域的数字经济发展水平较高时,数字技术的进步能够帮助企业更高效地共享绿色创新的信息,或改变企业对政策的认知,从而增强企业绿色创新的意愿,推动绿色技术的扩散,并增强创新政策组合的整体效应。

(2) 交易成本理论提到,交易成本降低能够促进企业绿色创新。数字经济有助于减少信息不对称和市场摩擦的情况,降低企业创新和研发过程中的交易成本。因此,创新政策组合对区域绿色创新水平的调节效应体现在数字经济发展水平。(3) 数字经济能够直接优化创新资源配置,有效促进技术创新^[21]。

H3: 数字经济发展水平在创新政策组合与区域绿色创新水平关系中发挥正向调节作用。

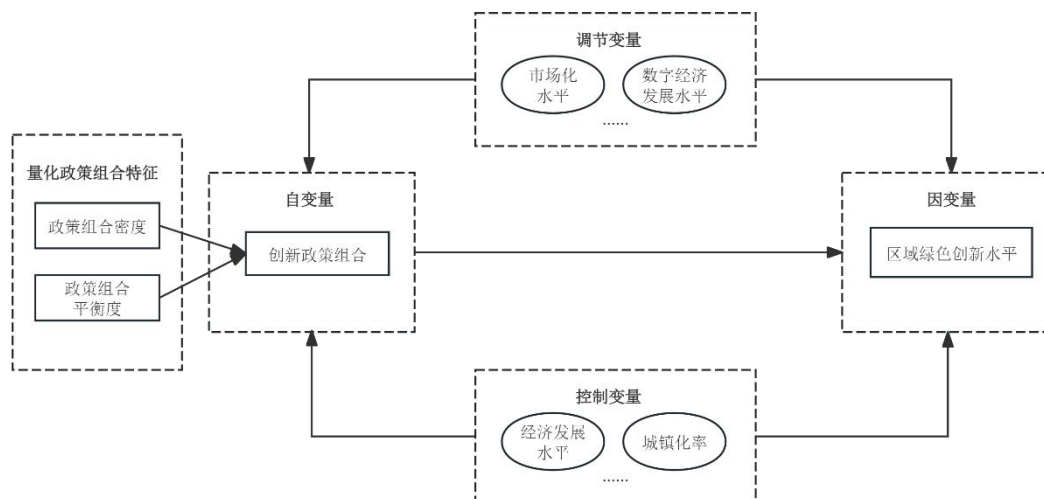


图 1 理论模型

2 计量模型、指标与数据

2.1 计量模型

本文使用 2016-2023 年中国各省市的面板数据,经 Hausman 检验,采用双向固定效应模型,并对取值均大于 1 的连续变量做对数化处理。

首先,检验创新政策组合特征对区域绿色创新水平的影响效应。

$$ING_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 Z_{it} + u_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

上式中,下标 i 和 t 分别代表区域和年份。被解释变量 ING 为该省市绿色专利申请数的对数,解释变量 X 为创新政策组合 PolicyMix。 β_1 是解释变量的影响效应,

z_{it} 是控制变量, β_2 是控制变量边际效应, β_0 为截距项, u_i 为个体固定效应, δ_t 为时间固定效应, ε_{it} 为随机干扰项。

最后, 为检验创新政策组合和区域绿色创新水平的调节效应, 构建如下交互项模型:

$$ING_{it} = \theta_0 + \theta_1 PolicyMix_{it} + \theta_2 PolicyMix_{it} \times T_{it} + \theta_3 z_{it} + u_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

上式中, T_{it} 为机制变量, 主要包括市场化水平和数字经济发展水平。

2.2 变量说明

2.2.1 被解释变量

区域绿色创新水平 (ING): 大量现有研究使用绿色专利数量来测量绿色创新水平^[22], 本文参考韩先锋 (2023) 的做法, 本文采用对数转化后的省级绿色专利申请数衡量区域绿色创新水平^[23]。数据来源中国研究数据服务平台 (CNRDS)。

2.2.2 核心解释变量

核心解释变量基于政策文本分析得到, 具体过程如下。

首先, 根据绿色创新的内涵^[24], 本文在北大法宝官网上根据检索词=绿色创新+绿色技术创新+绿色工艺创新+绿色产品创新+低碳创新+环保创新+环境创新+生态创新, 对中国各省份 (包括直辖市) 的政策文件进行检索, 截止时间 2023 年 12 月 31 日, 筛选类别为“科技”、“环保”和“知识产权”, 最终得到绿色创新相关的政策文件共 892 份。

其次, 沿用 Rothwell & Zegveld (1985) 政策工具分类体系^[2], 并结合国内外对其分类体系的补充和更新, 将政策工具分为人才培养、资金投入、政府采购等十四个子类。参考霍朝光 (2023) 的政策工具自动分类模型^[9], 对搜集到的政策文件进行多类别文本分类。在完成政策工具编码之后, 自变量的具体测量方式如下:

$$PolicyMix_{it} = Density_{it} \times Balance_{it} \quad (3)$$

创新政策组合 (PolicyMix): 交互项用于捕捉变量之间非加性关系, 是提高模型设定正确性的关键手段^[25]。因此, 本文构建密度与平衡度的交互项识别创新政策组合的协同效应。本文假设, 每颁布一项新政策会打破现有的创新政策组合状态, 并引入新的政策工具, 所以需要从基年开始对政策工具累计求和。2000 年是中国首次提出建设生态文明的关键节点, 标志着绿色发展理念开始系统融入国家政策框架, 因此选择 2000 年作为基年进行计算。

$$Balance_{it} = 1 -$$

$$\sum_{t=2000}^t \sum_{instrument\ type\ m=1}^M \left(\frac{instruments_{im}}{\sum_{t=2000}^t \sum instruments_i} \right)^2 \quad (4)$$

辛普森指数是生态学中用来衡量生物多样性的指数, 反映一个群体物种分布的均匀性和多样性, 如公式 (4) 所示, 本文借鉴该测算方法对创新政策组合平衡度进行测算^[5]。上式中, 下标 i 代表区域, t 代表年份, m 代表工具类型, M 代表工具类型总数。该数值越接近 1, 表示各类别的数量越接近, 分布越均匀, 即创新政策组合越平衡。

$$Density_{it} = \sum_{t=2000}^t \sum instruments_i \quad (5)$$

创新政策组合密度则借鉴文献^[26], 对政策工具进行简单累计加和, 见公式 (5)。上式中, 下标 i 代表区域, t 代表年份。该数值越大, 表示创新政策组合密度越大。

2.2.3 调节变量

主要包括以下变量: (1) 市场化水平 (MAR): 参考郑国强 (2024), 采用樊纲市场化指数衡量^[27]。(2) 数字经济水平 (DIGI): 参考郭峰等 (2020) 构建的指标体系计算各地区的数字经济水平^[28]。数据来源北京大学数字金融研究中心、历年《中国工业统计年鉴》《中国统计年鉴》以及各省份统计年鉴。

2.2.4 控制变量

考虑到各地区经济发展和资源禀赋的差异性, 且控制变量对区域绿色创新水平可能产生的影响, 本文借鉴文献^[29-30], 引入经济发展水平 (AGDP)、人口密度 (POP)、城镇化水平 (UR)、能源消费结构 (ECS)、金融发展水平 (FIN) 作为控制变量。数据来源《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》及各省市统计年鉴。

3 实证分析

3.1 基准回归

表 1 报告了基准回归结果。各个模型的整体 VIF 值均远小于 10, 故不存在严重的多重共线性问题。所有模型均控制了年份和地区固定效应。列 (1) - (3) 逐步加入全部控制变量。如列 (3) 所示, 加入全部控制变量后, 创新政策组合的回归系数在至少 5% 的水平上显著为正, 最终的系数估计值为 0.042, 说明创新政策组合显著提升了区域绿色创新水平, 假说 H1 得以验证。为避免模型设定错误, 在列 (4) 中引入自变量的二次项 ($PolicyMix^2$), 结果表明创新政策组合对区域绿色创新水平遵循线性规律, 结论稳健。另外, 本文将自变量创新政策组合滞后一期作为工具变量, 模型不存在严重的内生性问题, 支持了结论的准确性。

表 1 基准回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	ING	ING	ING	ING
PolicyMix	0.037**	0.042**	0.042**	0.073**
	(2.279)	(2.493)	(2.543)	(2.354)
UR	2.449*	2.042	2.041	2.097
	(1.914)	(1.529)	(1.408)	(1.448)
FIN	-0.516***	-0.536***	-0.683***	-0.698***
	(-5.512)	(-5.615)	(-5.699)	(-5.798)
IS		-0.501	-0.927*	-0.833*
		(-1.063)	(-1.883)	(-1.673)
AGDP			-0.437	-0.466
			(-1.187)	(-1.264)
POP			1.843***	1.680**
			(2.606)	(2.333)
PolicyMix^2				-0.008
				(-1.171)
_cons	7.618***	8.088***	2.599	3.801
	(10.043)	(9.214)	(0.576)	(0.822)
控制变量	NO	NO	YES	YES
地区、年份固定效应	YES	YES	YES	YES
R2	0.796	0.797	0.805	0.806
***p<0.01,**p<0.05,*p<0.10				

3. 2 调节效应分析

3. 2. 1 市场化水平的调节效应

在理论分析部分，本文给出了在创新政策组合影响区域绿色创新水平的机制中，市场化水平可能会存在较强的调节效应的原因。表 2 所有回归均同时控制了地区固定效应和年份固定效应。将本文关注的交互项 PolicyMix*MAR 引入回归，表 2 列（1）交互项的系数在 5%的水平上显著为正，这表明市场化水平对创新政策组合对区域绿色创新水平存在正向的调节效应。假说 H2 得以验证。

3. 2. 2 数字经济发展水平的调节效应

数字经济发展水平作为支撑世界经济发展的新型动力，在各个领域都具有提质增效的作用，其对于创新政策组合促进区域绿色创新水平也可能存在正向调节效应。本文参考郭峰（2020）构建的指标体系计算各地区的数字经济水平。表 2 列（2）报告了数字经济发展水平的调节效应结果，交互项 PolicyMix*DGI 在 1%的水平上显著为正，这表明数字经济发展水平对创新政策组合影响区域绿色创新水平存在正向的调节效应。假说 H3 得以验证。

表 2 调节效应检验结果

	(0)	(1)	(2)
	ING	ING	ING
PolicyMix	0.042**	0.066***	0.071***
	(2.543)	(3.449)	(3.716)
MAR		-0.015	
		(-0.482)	
PolicyMix*MAR		0.020**	
		(2.453)	
DGI			-0.915
			(-1.604)
PolicyMix*DGI			0.413***
			(2.868)
_cons	2.599	4.250	0.766
	(0.576)	(0.940)	(0.163)
控制变量	YES	YES	YES
地区、年份	YES	YES	YES
R2	0.805	0.812	0.814
***p<0.01,**p<0.05,*p<0.10			

3.3 调节效应的稳健性检验

用“绿色专利授权数”(ING2)替换“绿色专利申请数”(ING)来衡量区域绿色创新水平,结果表3列(1) - (3)所示,交互项PolicyMix*MAR在10%的水平上显

著为正,交互项PolicyMix*DIGI在1%的水平上显著为正,结论稳健。其次,加入可能的遗漏变量“城乡居民收入差距”(Income),如列(4) - (6)所示,交互项PolicyMix*MAR在5%的水平上显著为正,交互项PolicyMix*DIGI在5%的水平上显著为正,结论稳健。

表3 稳健性检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	ING2	ING2	ING2	ING	ING	ING
PolicyMix	0.050*** (3.312)	0.065*** (3.786)	0.079*** (4.635)	0.042** (2.543)	0.063*** (3.311)	0.069*** (3.622)
MAR		0.021 (0.724)			-0.008 (-0.253)	
PolicyMix*MAR		0.014* (1.860)			0.018** (2.089)	
DIGI			-1.161** (-2.276)			-0.851 (-1.490)
PolicyMix*DIGI			0.414*** (3.211)			0.379** (2.588)
Income					-0.378 (-1.310)	-0.369 (-1.311)
_cons	-2.878 (-0.707)	-1.384 (-0.339)	-5.416 (-1.290)	2.599 (0.576)	5.065 (1.112)	1.824 (0.384)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
地区、年份	YES	YES	YES	YES	YES	YES
R2	0.923	0.925	0.928	0.805	0.814	0.816

***p<0.01,**p<0.05,*p<0.10

4 结论与政策建议

本文运用面板固定效应模型和调节效应模型,综合考察创新政策组合对区域绿色创新水平的影响,主要结论如下:(1)创新政策组合能够提升区域绿色创新水平。

(2)市场化水平、数字经济发展平在创新政策组合与区域绿色创新水平关系中发挥正向调节作用。

结合研究结论,本文提出如下建议:(1)基于本文“创新政策组合”总体有效的结论,建议政府通过财政、税收、绿色金融与碳市场工具的协同设计,缓解企业在绿色创新中的资金约束与风险约束,避免单一工具堆叠的同时,提升工具间互补性与协同性。(2)以市场化改革放大政策效应。具体而言,建议政府从要素配置与产权保护两方面系统提升市场化程度,以强化政策传导效率并放大边际产出。通过完善技术、数据与碳配额等要素的市场化定价与流通机制,提升资源指向高生产率主体与高价值绿色专利的能力。通过强化知识产权快速确权与司法保护,降低创新主体的制度性交易成本。(3)以数字化能力建设为政策“增幅器”。本文发现数字经济发展水平具有显著的正向调节效应,表明数字化基础设施与数据治理能力能够显著降低匹配与监督成本,提升政策到达率与精准度。因此,建议政府通过数字化治

理的制度化嵌入,提升政策工具的实施质量与响应速度。

参考文献

[1]BAGAYEV I, KOGLER D F, LOCHARD J. Does environmental regulation drive specialisation in green innovation?[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2025, 130: 103101.

[2]ROTHWELL R. Reindustrialization and technology: Towards a national policy framework[J/OL]. Science and Public Policy, 1985, 12(3): 113-130.

[3]SHEN C, LI S, WANG X, et al. The effect of environmental policy tools on regional green innovation: Evidence from China[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 254: 120122.

[4]LIU H, CHEN Q, SONG Y. Does the carbon emissions trading scheme promote green technology innovation? New evidence from chinese cities [J]. Economic Analysis and Policy, 2025: S0313592625002747.

[5]LI X, HE S, GU Y, et al. Unpacking China's climate policy mixes shows a disconnect between policy density and intensity in the post-par

- is era[J/OL]. npj Climate Action, 2025, 4(1)[2025-07-08]. <https://www.nature.com/articles/s41688-025-00233-6>.
- [6]PFEFFER D, REIKE D, BENING C R. Analyzing policy mixes for the circular economy transition: The case of recycled plastics in electronics[J/OL]. Environmental Innovation and Societal Transitions, 2025, 56: 100982.
- [7]ROGGE K S, STADLER M. Applying policy mix thinking to social innovation: From experimentation to socio-technical change[J]. Environmental Innovation and Societal Transitions, 2023, 47: 100723.
- [8]RUSSO M, PAVONE P. Evidence-based portfolios of innovation policy mixes: A cross-country analysis[J/OL]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 168: 120708.
- [9]霍朝光,霍帆帆,王婉如,等.基于WordBERT和BiLSTM的政策工具自动分类方法研究[J].图书情报知识,2023,40(3):129-138.
- [10]ROGGE K S, REICHARDT K. Policy mixes for sustainability transitions: an extended concept and framework for analysis[J]. Research Policy, 2016, 45(8): 1620-1635.
- [11]SCHAFFRIN A, SEWERIN S, SEUBERT S. The innovativeness of national policy portfolios - climate policy change in Austria, Germany, and the UK[J/OL]. Environmental Politics, 2014, 23(5): 860-883.
- [12]BALI A S, HOWLETT M, RAMESH M. Unpacking policy portfolios: Primary and secondary aspects of tool use in policy mixes[J]. Journal of Asian Public Policy, 2022, 15(3): 321-337.
- [13]GUERZONI M, RAITERI E. Demand-side vs. supply-side technology policies: Hidden treatment and new empirical evidence on the policy mix[J]. Research Policy, 2015, 44(3): 726-747.
- [14]SCHAFFRIN A, SEWERIN S, SEUBERT S. Toward a Comparative Measure of Climate Policy Output[J]. Policy Studies Journal, 2015, 43(2): 257-282.
- [15]ZHAO Y, ZHANG Y, WANG S. Can a policy mix achieve a collaborative effect? Exploring the nested implementation process of urban carbon emission reduction policies[J]. Sustainability, 2024, 16(15): 6529.
- [16]徐喆,李春艳.我国科技政策组合特征及其对产业创新的影响研究[J].科学学研究,2017,35(1):45-53.
- [17]李瑞琴.市场化进程提升了环境规制的有效性吗?——基于绿色技术创新视角的“波特假说”再检验[J].西南政法大学学报,2020,22(2):125-139.
- [18]王文,孙早,牛泽东.产业政策、市场竞争与资源错配[J].经济学家,2014(9):22-32.
- [19]王桂军,张辉.促进企业创新的产业政策选择:政策工具组合视角[J].经济学动态,2020(10):12-27.
- [20]COOKE P, GOMEZ URANGA M, ETXEBARRIA G. Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions[J]. Research Policy, 1997, 26(4-5): 475-491.
- [21]张昕蔚.数字经济条件下的创新模式演化研究[J].经济学家,2019(7):32-39.
- [22]刘保留,张莹,李雨珊.互联网发展对城市绿色创新的影响机理——基于专利视角的分析[J].中国人口·资源与环境,2022,32(6):104-112.
- [23]韩先锋,陈龙涛,李勃昕,等.数字金融何以能诱发区域绿色创新? [J]. 科学学与科学技术管理,2023,44(10):114-130.
- [24]张志勤.欧盟绿色经济的发展现状及前景分析[J].全球科技经济瞭望,2013,28(1):50-57.
- [25]Econometric analysis of cross section and panel data[J].
- [26]SCHMIDT T S, SEWERIN S. Measuring the temporal dynamics of policy mixes - an empirical analysis of renewable energy policy mixes' balance and design features in nine countries[J]. Research Policy, 2019, 48(10): 103557.
- [27]郑国强,张馨元,赵新宇.数据要素市场化能否促进企业绿色创新? ——基于城市数据交易平台设立的准自然实验[J].上海财经大学学报,2024,26(3):33-48.
- [28]郭峰,王靖一,王芳,等.测度中国数字普惠金融发展:指数编制与空间特征[J].经济学(季刊),2020,19(4):1401-1418.
- [29]郑威,江唐洋.政府创新偏好、制度环境与城市绿色创新[J].科技进步与对策,2023,40(19):55-64.
- [30]肖振红,谭睿,史建帮,等.环境规制、省际知识溢出对区域绿色创新绩效的影响[J].哈尔滨工程大学学报,2023,44(3):496-504.

作者简介: 龚可凝, (2001.6-), 女, 汉族, 上海市人, 硕士在读, 研究方向: 绿色创新管理、知识产权管理。