

何叶荣,张玉枝.省域应急产业集聚的可持续发展空间效应[J].西安科技大学学报,2026,46(2):293-303.
HE Yerong,ZHANG Yuzhi. Sustainable development spatial effect of provincial emergency industry agglomeration[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology,2026,46(2):293-303.

省域应急产业集聚的可持续发展空间效应

何叶荣¹,张玉枝^{1,2}

(1. 安徽建筑大学 经济与管理学院,安徽 合肥 230601;

2. 安徽工程技术学校 招生就业处,安徽 宿州 234000)

摘要:为了提高城市应急效率、推进应急产业可持续发展,利用2006—2022年中国30个省域面板数据,通过构建应急产业可持续发展指标体系,采用空间杜宾模型研究应急产业集聚的可持续发展空间效应,并进行稳健性检验和异质性分析。结果表明:省域应急产业集聚水平和可持续发展水平的区域分异特征明显,同时呈现出“东高西低”梯级分布,东部地区产业集聚和可持续发展水平较高、西部较低,东北增速放缓,中部和部分西部省份发展势头强劲;省域应急产业集聚与应急产业可持续发展存在显著空间正相关,且集聚水平和可持续发展水平与地区间经济联系逐渐减弱;应急产业集聚能够显著促进应急产业可持续发展,该地区的应急产业集聚能显著促进自身和周边地区应急产业可持续发展。研究结果揭示了应急产业集聚的可持续发展空间效应,为各地精准靶向施策、明晰产业定位和强化区域联动提供决策参考。

关键词:应急产业;产业集聚;产业可持续发展;空间杜宾模型

中图分类号:F 121.3;F 062.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9315(2026)02-0293-11

DOI:10.13800/j.cnki.xakjdxxb.2026.0206

Sustainable development spatial effect of provincial emergency industry agglomeration

HE Yerong¹, ZHANG Yuzhi^{1,2}

(1. School of Economics and Management, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China;

2. Admissions and Employment Office, Anhui Engineering and Technical Vocational School, Suzhou 234000, China)

Abstract: In order to improve the efficiency of urban emergency response and promote the sustainable development of emergency industry, this study utilized the panel data of 30 provinces in China from 2006 to 2022. By constructing an index system of sustainable development of emergency industry, the spatial Durbin model was adopted to study the sustainable development spatial effect of the emergency industry agglomeration, the robustness test and heterogeneity analysis were conducted. The results show that: The regional differences in the level of provincial emergency industry agglomeration and sustainable development are obvious, and at the same time, there is a cascade distribution of “higher in the east and lower in the west”. The level of industrial agglomeration and sustainable development are higher in the east and lower in the west, grow slowly in the northeast, and have a strong momentum in the

收稿日期:2025-11-15

基金项目:国家自然科学基金项目(51874003);教育部人文社科规划基金项目(21YJA630027);安徽省学术和技术带头人资助项目(2022D336)

通信作者:何叶荣,女,安徽霍邱人,博士,教授,E-mail:hmy2007.happy@163.com

central and some western provinces. There is a significant spatial positive correlation between provincial emergency industrial agglomeration and industrial sustainable development, and the regional economic relationship between agglomeration level and sustainable development level is gradually weakened. Emergency industry agglomeration can significantly promote the sustainable development of emergency industry, and the local emergency industry agglomeration can significantly promote the sustainable development of its own and neighboring regions. The research results reveal the sustainable development spatial effect of the emergency industry agglomeration, providing decision-making references for localities to implement precise targeted policies, to clarify industrial positioning and to strengthen regional linkage.

Key words: emergency industry; industrial agglomeration; industrial sustainability; spatial Durbin model

0 引言

21世纪以来,我国深受灾害事故困扰,2020年爆发的新冠疫情更是对人民群众生命财产造成极大威胁,也对应急产业供需结构发起挑战。我国应急产业发展是典型事件推动型和政策主导型,2006年“应急产业”一词在政府文件首次提出;2014年国务院印发《关于加快应急产业发展的意见》首次对应急产业进行定义。然而,应急产业本身具有的需求刚性、时效性和行业交叉性决定了其难以零星孤立发展,必须紧紧依靠政府和市场支持形成集群,为此2015年确立首批国家应急产业示范基地。《“十四五”国家应急体系规划》提出,到2025年实现应急产业规模显著扩大。因此,在新时期如何因地制宜发挥应急产业集群效应,促进应急产业可持续发展成为重要课题。

目前应急产业研究领域尚处于前期积累阶段,现有研究主要从应急产业的概念体系、发展现状、政策路径、影响因素、技术创新5个维度展开。学者们总结应急产业生成逻辑和发展体系^[1],研究应急产业的空间布局、发展态势^[2-3];分析应急产业政策体系与框架、进行应急产业政策量化评价^[4-5];分析应急产业的影响因素作用机理^[6-7];基于区块链、技术角度分析示范基地对企业盈利的影响^[8]。近年来随着地理信息系统逐渐完善,也有学者基于地理探索工具对应急产业地理空间分布的集聚现象、应急产业集聚对经济增长的影响程度展开研究^[9-11]。

关于产业可持续发展的文献主要从具体行业发展、产业结构、产品微观角度,研究产业可持续发展现状^[12]、对经济增长的影响^[13],或是深入探究可持续发展影响因素^[14],抑或是聚焦到核心因

素对产业可持续发展的影响机制上^[15-16]。近年来随着可持续发展理念逐渐深入人心,新能源^[17]、稀土等^[18]新兴产业的可持续发展成为研究热点。“可持续发展”是个宏观、广泛且动态发展的概念,难以用具体的指标来准确衡量,关于产业集聚对可持续发展的研究主要从其内涵出发,研究产业集聚对区域经济可持续的影响^[19]、对社会可持续的影响^[20]和对环境可持续的影响^[21]。

综上,学者们对应急产业集聚现象和产业可持续发展进行了广泛研究,但鲜有研究产业可持续发展的空间效应,对于应急产业集聚的可持续发展空间效应分析少之甚少。鉴于此,选取2006—2022年中国30个省份面板数据,分析应急产业集聚和可持续发展的时空演变特征,基于空间杜宾模型研究应急产业集聚的可持续发展空间效应,为实现省域应急产业的可持续发展提供行动建议。

1 研究设计

1.1 数据来源

按照工信部发布的《安全应急产业分类指导目录(2021年版)》,应急产业分为监测预警产品、预防防护产品、处置救援产品和应急服务产品4个领域、15个发展方向和266项细分产品与服务。采用张廷海等^[9-10]的做法,以C27医药制造业,C35专用设备制造业,C36汽车制造业,C37铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业,C38电气机械及器材制造业,C39计算机、通信和其他电子设备制造业以及C40仪器仪表制造业这7个行业的总计代表应急产业,理由如下:一是考虑到应急产业类别广泛,数据难以细化,依据2017年国民经济行业分类标准(GB/T 4754—2017)将上述7个

行业作为应急产业;二是从应急产业内部结构来看,近年来应急产业相关产品加速更新迭代,制造业营业收入和营业利润呈现加速增长态势。研究数据来自 2007—2023 年《中国统计年鉴》《中国工业统计年鉴》以及各省份统计年鉴。因西藏缺失数据较多,故选取除西藏外的全国 30 个省份数据(未包含中国台湾、香港和澳门地区)。对于部分省份的缺失值,采用线性插值法补齐。

1.2 变量说明

1.2.1 被解释变量

被解释变量为应急产业可持续发展水平(sd)。根据 ELKINGTON J 提出的三重底线理论,企业需同时满足经济繁荣、社会公平、生态健康 3 个维度平衡,才能实现可持续发展^[22]。因此,结合可持续发展内涵,参考 GAO 等的成果^[23-25],从经济、社会、环境 3 个维度选取 18 个指标测度省域应急产业可持续发展水平(表 1),通过熵值法计算应急产业可持续发展指数。

1.2.2 解释变量

选取应急产业区位熵计算应急产业集聚水平(lq),以此作为解释变量。

1.2.3 控制变量

为控制其他变量对应急产业可持续发展的影响,借鉴相关文献^[6,9-11],选取 6 个控制变量。①政府行为(gov):采用政府公共安全财政支出衡量;②产业高级化(adv):采用第二产业与第三产业增加值比值衡量;③资源消耗(resr):采用电力消

费量衡量;④对外开放(open):采用外资企业货物进出口总额衡量;⑤技术创新(inno):采用技术市场成交额衡量;⑥产业经济发展(econ):采用应急产业资产总计与应急产业就业人数比值衡量。为一定程度上降低异方差和多重共线性影响,对变量取对数处理。变量描述性统计见表 2。

表 1 应急产业可持续发展测度指标体系

Table 1 Measurement index system for sustainable development of emergency industry

I 级指标	II 级指标	属性
经济可持续	应急产业营业收入	+
	应急产业营业利润	+
	人均 GDP	+
	人均社会消费品零售总额	+
	人均财政收入	+
	工业增加值占 GDP 比重	+
社会可持续	应急产业从业人数	+
	城市化率	+
	R&D 内部经费支出/GDP	+
	技术市场成交额/GDP	+
	人均财政支出	+
	居民人均可支配收入	+
环境可持续	建成区绿化覆盖率	+
	人均公园绿地面积	+
	森林覆盖率	+
	工业废水 COD 排放量/GDP	-
	工业二氧化硫排放量/GDP	-
	一般工业固体废物产生量/GDP	-

表 2 各变量描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of variables

变量类型	变量名称	变量取值	样本量	平均值	标准差	最大值	最小值
被解释变量	应急产业可持续发展	lnsd	510	-1.854	0.557	-0.418	-3.226
解释变量	应急产业集聚	lnlq	510	-0.392	0.653	0.52	-2.239
控制变量	政府行为	lngov	510	5.227	0.818	7.264	2.419
	产业高级化	lnadv	510	4.475	0.394	5.246	2.948
	资源消耗	lnresr	510	7.25	0.761	8.971	4.582
	对外开放	lnopen	510	6.327	2.479	10.51	-1.289
	技术创新	lninno	510	4.449	1.982	8.981	-0.626
	产业经济发展	lnecon	510	4.634	0.642	6.46	1.388

1.3 研究方法

1.3.1 区位熵

区位熵由 HAGGETT P 提出,可以测度某地区中某一要素在空间上的专业化程度。借鉴张廷海等^[10]的研究,采用规模以上工业企业的就业人数

作为应急产业区位熵(lq)指标测算各个省份应急产业集聚水平,公式为

$$lq = \frac{q_{ik} / \sum_{k=1}^m q_{ik}}{\sum_{i=1}^n q_{ik} / \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m q_{ik}} \quad (1)$$

式中 i 为地区; k 为应急产业; n 为地区数量; m 为 i 地区产业数量, q_{ik} 为 i 地区应急产业的就业人数。区位熵越大, 地区产业集聚水平越高。区位熵大于 1, 表示该地区区域集聚水平相对优于所有地区整体水平, 小于 1 则表示达不到地区整体水平。

1.3.2 空间自相关

为判断变量在整个研究区域是否存在空间上相互作用关系。采用全局 Moran's I 指数检验应急产业集聚水平的全局空间自相关特征。公式为

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} |x_i - \bar{x}| |x_j - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|^2} \quad (2)$$

式中 I 为全局 Moran's I 指数; x_i 为 i 地区的应急产业观测值; x_j 为 j 地区的应急产业观测值; \bar{x} 为应急产业观测值均值; W 为空间权重矩阵。Moran's I 的取值介于 -1 至 1 之间, 当 Moran's $I > 0$, 在空间分布上呈现正相关; 当 Moran's $I < 0$, 呈现空间负相关; 当 Moran's $I = 0$, 空间上无相关性。

1.3.3 空间计量模型

在 Moran's I 指数通过检验确定存在空间相关性基础上, 引入传统计量回归模型(OLS)所忽视的空间效应, 构建空间计量模型深入分析各个地区应急产业集聚的可持续发展空间效应^[26-27]。

普通最小二乘法 OLS

$$Y = \alpha + X\beta + \varepsilon \quad (3)$$

空间滞后模型 SAR

$$Y = \rho WY + \alpha + X\beta + \varepsilon \quad (4)$$

空间误差模型 SEM

$$Y = \alpha + X\beta + \mu, \mu = \lambda W\mu + \varepsilon \quad (5)$$

空间杜宾模型 SDM

$$Y = \rho WY + \alpha + X\beta + WX\theta + \varepsilon \quad (6)$$

式中 X 为解释变量; Y 为被解释变量; α 为常数项; β 为自变量系数; ε 为随机误差项; W 为空间权重矩阵; ρ 为空间滞后系数; μ 为空间误差项; λ 为空间自回归系数; θ 为交互项系数。

2 省域应急产业集聚与应急产业可持续发展时空演变特征

2.1 空间分异特征分析

根据图 1 结果, 整体来看, 2006—2022 年间中国应急产业集聚水平变化并不显著, 但区域差异特征明显。从数值上看, 东部地区区位熵较高(年

均值达 1.107) 且呈微弱波动趋势, 表明东部地区整体应急产业集聚水平最高。与之相反, 西部地区区位熵系数整体较低(年均值达 0.561), 初期快速下降, 2012 年达到最低值 0.519, 而后呈缓慢增长趋势。东北地区区位熵系数初期较高, 而后呈现波动下降趋势(年均值达 0.776), 2012 年后中部区位熵系数超过东北, 表明东北地区应急产业集聚度较高但集聚水平在慢慢减弱。值得注意的是, 作为中国应急产业发展集中区, 中部地区区位熵系数在 2006—2022 年间快速增长(年均值达 0.773), 说明借助国家政策扶持和中部承接东西、连接南北的地理位置优势, 中部地区应急产业踏上发展快车道。从空间分布上看, 中国应急产业集聚大体呈现出“西部-中部-东北-东部”梯级增长现象, 东部大部分省份(如广东、上海、江苏、天津和北京)区位熵远远大于 1, 西部大部分省份(如内蒙古、云南、青海、宁夏、甘肃和新疆)区位熵小于 0.4, 说明区域经济发展水平或许是影响应急产业空间集聚水平高低的重要因素。

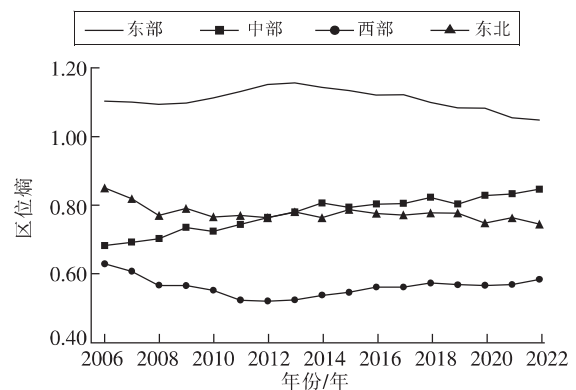


图 1 四大经济区应急产业区位熵指数

Fig. 1 Location entropy index of emergency industry in the four major economic zones

从图 2 可以看出, 2006—2022 年间中国应急产业可持续发展水平显著提升, 四大经济区均呈现快速上升趋势, 东部应急产业可持续发展水平指数从 0.156 上升至 0.393, 中部从 0.074 上升至 0.240, 西部从 0.058 上升至 0.186, 东北从 0.093 上升至 0.193。值得注意的是, 2014 年这一年具有“分水岭”意义, 2014 年前东北地区可持续发展水平高于中部, 2014 年后东北增速放缓、中部可持续发展水平开始超过东北, 这可能与东北工业矿产资源枯竭和中部工业转型升级有关。从空间分布来看, 应急产业可持续发展水平依旧呈现“东高西低”

的梯级分布,东部地区远超其他地区,且差距逐渐拉大;在北京、上海、广东、江苏、浙江等东部经济发达省份应急产业可持续发展水平的扩散效应辐射下,中部增速总体平稳;虽然西部地区始终处于最低水平,但其与中部和东北地区差距在渐渐缩小,尤其是依赖政策资金扶持和周边省份拉动作用,重庆、四川、陕西等西部省份发展势头强劲。由此可见,不同省份和地区间的应急产业可持续发展水平存在空间异质性。

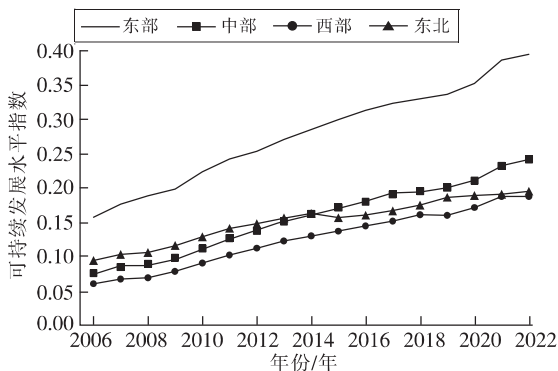


图 2 四大经济区应急产业可持续发展水平指数

Fig. 2 Sustainable development level of the emergency industry in the four major economic zones

2.2 空间关联特征分析

为验证省域应急产业集聚水平与应急产业可持续发展水平是否存在空间关联,借鉴王赫等、孟楠楠等的研究^[28-29],基于人均 GDP 构建经济距离空间权重矩阵,利用 Stata 测度空间关联性(表 3)。结果表明:2006—2022 年期间,各省份应急产业集聚水平和可持续发展水平莫兰指数均为正,且在 5% 水平下显著,说明中国应急产业集聚和可持续发展存在显著空间正相关性,呈现出一定空间集聚特征;莫兰指数均呈现波动式下降趋势,说明各省份应急产业集聚、可持续发展与区域经济联系的空间相关性整体上日益减弱,经济差距不再成为制约区域应急产业可持续发展的先决条件,今后不同区域可通过因地制宜发展特色应急产品、发达地区辐射带动等措施实现可持续发展。

3 省域应急产业集聚的可持续发展空间效应分析

3.1 空间计量结果分析

为探究应急产业集聚的可持续发展空间效应,需要进行一系列检验。稳健 LM 检验(LM_er-

ror:14.354, $p < 0.01$; LM_lag:36.161, $p < 0.01$),均通过 1% 的显著性检验,初步判断选择 SDM 模型,也间接证明了模型存在显著空间相关性;同时 LM_lag 检验值高于 LM_error 检验值,说明 SAR 模型比 SEM 模型更优。空间杜宾模型的 Hausman 检验(检验值 23.10, $p < 0.1$),通过 10% 的显著性检验,选择固定效应模型。进一步 SDM 模型的 LR 检验,双向固定 SDM 退化成个体固定 SDM(LR:80.25, $p < 0.01$),双向固定 SDM 退化成时间固定 SDM(LR:1 039.88, $p < 0.01$),均通过了 1% 的显著性检验,因此选择个体时间双向固定 SDM 模型。最后 LR 检验和 Wald 检验,SDM 退化成 SAR(LR:22.41, $p < 0.01$; Wald:22.94, $p < 0.01$),SDM 退化成 SEM(LR:22.29, $p < 0.01$; Wald:22.79, $p < 0.01$),说明 SDM 模型不会退化为 SAR 和 SEM 模型。因此,对于应急产业集聚的可持续发展空间效应的回归分析应当选择个体时间双向固定的 SDM 模型。

表 3 省域应急产业集聚与可持续发展水平的 Moran's I 指数

Table 3 Moran's I index of provincial emergency industry agglomeration and sustainable development level

年份/年	应急产业集聚水平			应急产业可持续发展水平		
	Moran's I	P-Value	Z-Value	Moran's I	P-Value	Z-Value
2006	0.252	0.011	2.303	0.345	0.001	3.159
2007	0.259	0.009	2.361	0.335	0.001	3.072
2008	0.283	0.005	2.547	0.320	0.002	2.951
2009	0.268	0.008	2.420	0.307	0.002	2.859
2010	0.254	0.010	2.313	0.286	0.004	2.697
2011	0.213	0.024	1.986	0.290	0.003	2.719
2012	0.197	0.032	1.857	0.303	0.002	2.820
2013	0.193	0.034	1.824	0.300	0.003	2.794
2014	0.234	0.016	2.150	0.298	0.003	2.775
2015	0.220	0.021	2.038	0.305	0.002	2.836
2016	0.227	0.018	2.094	0.304	0.002	2.826
2017	0.246	0.012	2.255	0.290	0.003	2.721
2018	0.260	0.009	2.360	0.312	0.002	2.897
2019	0.195	0.033	1.837	0.305	0.002	2.867
2020	0.232	0.017	2.126	0.296	0.003	2.783
2021	0.228	0.018	2.097	0.300	0.002	2.817
2022	0.240	0.014	2.199	0.308	0.002	2.853

对比 3 种空间计量模型估计结果可知(表 4),3 种模型应急产业集聚对应急产业可持续发展的回归系数均显著为正,再次验证了应急产业集聚与应急产业可持续发展之间存在空间正相关性。

同时 SDM 和 SAR 模型的空间滞后系数 ρ 均显著为正,说明应急产业集聚对应急产业可持续发展存在显著空间溢出效应。此外,3 个模型中,SDM 模型的 Log- l 和 R^2 值最大,说明 SDM 模型的拟合程度最好,是最适用的空间计量模型,符合上述检验结果。

表 4 省域应急产业集聚的可持续发展空间效应回归估计结果

Table 4 Regression estimation results of the sustainable development spatial effect of provincial emergency industry agglomeration

变量	OLS	SAR	SEM	SDM
lnlq	0.079*** (3.043)	0.088*** (3.314)	0.085*** (3.145)	0.071*** (2.631)
lngov	0.199*** (4.868)	0.275*** (9.941)	0.359*** (13.931)	0.162*** (3.948)
lnadv	0.236*** (8.448)	0.216*** (8.680)	0.202*** (7.796)	0.257*** (9.727)
lnresr	0.161*** (4.970)	0.158*** (5.248)	0.165*** (5.114)	0.183*** (5.362)
lnopen	0.015** (2.586)	0.015*** (2.614)	0.018*** (3.038)	0.012** (2.095)
lninno	0.051*** (9.214)	0.055*** (10.819)	0.061*** (11.689)	0.051*** (9.074)
lnecon	0.025 (1.603)	0.046*** (3.099)	0.068*** (4.592)	0.037** (2.336)
$W \times \lnlq$				0.112* (1.937)
$W \times \lngov$				0.095* (1.817)
$W \times \lnadv$				-0.138*** (-3.238)
$W \times \lnresr$				0.020 (0.283)
$W \times \lnopen$				0.012 (0.933)
$W \times \lninno$				-0.030*** (-2.887)
$W \times \lnecon$				0.046 (1.023)
$\rho(\lambda)$		0.225*** (5.565)	0.181*** (2.925)	0.196*** (3.302)
R^2	0.661	0.679	0.665	0.680
$F/\text{Log}-l$	495.677	574.367	563.851	590.571
Observation	510	510	510	510

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著,括号内的值为 t 统计量,下同。

由于 SDM 模型在回归分析中受解释变量滞后

项影响,不能直接反映其对被解释变量的影响,因此进一步分解空间溢出效应。结果见表 5,解释变量直接效应回归系数为 0.078,显著为正,应急产业集聚水平每增长 1%,该地区应急产业可持续发展水平就增长 0.078%,说明该地区应急产业集聚能显著促进自身应急产业可持续发展。间接效应回归系数为 0.149,显著为正,应急产业集聚水平每增长 1%,该地区应急产业可持续发展水平就增长 0.149%,说明该地区应急产业集聚对周边地区应急产业可持续发展具有较强辐射带动效果。

表 5 空间效应分解

Table 5 Spatial effect decomposition

变量	直接效应	间接效应	总效应
lnlq	0.078*** (2.783)	0.149** (2.211)	0.227*** (2.877)
lngov	0.167*** (4.385)	0.156*** (2.907)	0.322*** (7.773)
lnadv	0.255*** (10.119)	-0.102** (-2.156)	0.154*** (2.969)
lnresr	0.185*** (5.817)	0.058 (0.738)	0.244*** (3.116)
lnopen	0.013** (2.275)	0.018 (1.108)	0.031* (1.740)
lninno	0.051*** (8.744)	-0.023* (-1.941)	0.027* (1.801)
lnecon	0.040** (2.424)	0.066 (1.250)	0.106* (1.915)

控制变量中,政府行为(gov)的直接效应和间接效应均显著为正,表明政府可能通过财政补贴降低研发成本或政策信号吸引社会投资等途径,同时促进本地和周边临近地区的应急产业可持续发展^[11]。产业高级化(adv)的直接效应显著为正,间接效应显著为负,表明随着安全应急意识的普及,本地应急教育培训咨询服务等第三产业占比提升,吸引劳动力、资金等资源集聚,产生虹吸效应进一步挤压本地传统制造业空间,迫使周边地区承接低附加值产业,从而表现出促进该地区而抑制周边地区的应急产业可持续发展态势。资源消耗(resr)的直接效应显著为正,间接效应也为正但不显著,可能原因是我国目前处于应急产业快速发展期,电力消耗量成为衡量应急产业产值的重要指标,电力消耗量同时促进本地和周边临近地区的应急产业可持续发展,但由于电力资源分布不均对周边地区作用有限^[27]。对外开放(open)

的直接效应显著为正,间接效应也为正但不显著,随着对外贸易水平的提升,国际应急产业消费扩张,促使产业转型升级,有利于本地和周边地区的应急产业可持续发展。但由于对外开放区域辐射作用的滞后性、外资企业本地化嵌入特征、区域竞争壁垒限制知识溢出和周边地区承接能力不足,导致周边地区发展不明显^[25]。技术创新(inno)的直接效应显著为正,间接效应为负,原因可能是提高资源利用率、开发清洁能源等技术创新能促进本地应急产业可持续,但随着技术向创新高地集聚,会加剧技术壁垒、市场垄断以及资源不平衡分布,从而抑制周边临近地区应急产业可持续发展^[28]。产业经济发展(econ)的直接效应显著为正,间接效应也为正但不显著,说明产业经济发展具有正向空间溢出作用,产业经济基础越雄厚越利于应急产业可持续。

3.2 内生性与稳健性检验

3.2.1 内生性检验

为解决因遗漏变量或双向因果而引发的内生性问题,以避免估计结果产生偏误,借鉴李云燕等、赵涛等思路^[30-31],选取各省份平均坡度作为解释变量应急产业集聚的工具变量。地理坡度高低直接关系到应急产业集聚园区建设难易,并且坡度属于自然因素,与其他宏微观发展指标没有直接联系,符合工具变量相关性和外生性要求。鉴于平均坡度是截面数据,构建各省份平均坡度与就业人数的交互项作为解释变量应急产业集聚的工具变量,并采用两阶段最小二乘法(IV-2SLS)对上述结论进行验证。结果见表6,第1阶段F值为177.928,高于Stock-Yogo弱识别检验10%的临界值16.38,表明不存在弱工具变量问题。第2阶段,通过工具变量缓解内生性问题后,应急产业集聚仍然在1%的水平上显著为正,这说明应急产业集聚对应急产业可持续发展具有明显促进作用,验证了前文空间杜宾模型估计结果的可信度。

3.2.2 稳健性检验

为验证应急产业集聚的可持续发展空间效应的稳健性,通过以下方法对双向固定SDM模型的估计结果进行检验。

①缩尾处理。考虑到数据样本时间跨度长,期间可能多次受到经济波动和突发事件影响(如2008年全球金融危机、2020年新冠疫情等),数据

中可能存在极端值,会扭曲回归结果。为应对这一问题,对所有变量进行双侧1%缩尾处理,即:将每个变量小于1%分位数的数值替换为1%分位数,大于99%分位数的数值替换为99%分位数。②更换空间权重矩阵。将空间计量模型中的经济距离矩阵替换为地理距离矩阵。③更换被解释变量。前文采用熵权法为应急产业可持续发展测度评价指标赋权,计算得到省域应急产业可持续发展指数。为避免回归结果对变量测算方式的单一敏感性,此处采用熵权-TOPSIS法重新测度应急产业可持续发展指数后再进行回归。

通过表6可以发现,3种稳健性方法结果中,解释变量lnlq均显著为正,说明应急产业集聚能够显著促进应急产业可持续发展; $W \times \lnlq$ 、直接效应和间接效应解释变量回归系数显著为正,说明地区应急产业集聚对本地和临近地区应急产业可持续发展的影响与前文估计结果一致,前文研究结论较为稳健。

3.3 异质性分析

3.3.1 分地区异质性分析

为探究不同地区间应急产业集聚对应急产业可持续发展的影响是否一致,以各省份2006—2022年人均GDP均值为基准,将各省份按照人均GDP中位数划分为2组,一组是人均GDP高于中位数,即经济发达地区,另一组是人均GDP低于中位数,即经济欠发达地区。分组回归结果见表7。经济发达地区应急产业集聚对应急产业可持续发展的影响呈正向直接效应和显著正向空间溢出效应,原因可能是经济发达地区主要分布在东部沿海地区和少数中西部制造业基础雄厚省份,这些地区依托政策扶持和资源优势进入应急产业发展加速期,产业资源持续向经济发达地区高度集聚,激烈本地化竞争导致部分效率较低的企业被淘汰,呈现出对本地应急产业促进作用不明显。同时鉴于集聚区知识技术溢出和产业要素转移,推动应急产业集聚辐射效应,进一步促进了临近地区应急产业可持续发展。以西部为主的内陆经济欠发达地区直接效应为负,空间溢出效应为正,可能是因为这些地区制度低效、基础设施不足或劳动力持续流失,抑制了本地应急产业可持续发展,而为周边地区提供劳动力、原材料以及承接污染密集型企业转移,则促进周边地区应急产业发展。

表6 内生性和稳健性检验结果
Table 6 Results of endogeneity and robustness tests

变量	第1阶段	第2阶段	缩尾处理	更换矩阵	更换被解释变量
IV	0.034*** (13.34)				
lnlq		0.353*** (2.79)	0.095*** (3.494)	0.072*** (2.812)	0.068* (1.685)
W × lnlq			0.135** (2.296)	0.386** (2.019)	0.174** (2.027)
直接效应			0.103*** (3.649)	0.082*** (3.037)	0.068* (1.649)
间接效应			0.178*** (2.651)	0.609** (2.095)	0.168** (2.046)
总效应			0.281*** (3.572)	0.691** (2.309)	0.237** (2.548)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES
Cragg-Donald Wald F 值			177.928		
Kleibergen-Paap rk Wald F 值			18.560		
R ²			0.698	0.713	0.509
Observation	510	510	480	510	510

3.3.2 分时期异质性分析

为观察不同发展阶段应急产业集聚对应急产业可持续发展的影响是否一致,以2014年国务院办公厅印发的《关于加快应急产业发展的意见》文件中首次明确“应急产业”概念为重要节点,将研究时间段分成2006—2014年和2015—2022年这2组,分组回归结果见表7。就直接效应而言,2006—2014年应急产业集聚对应急产业可持续发展的影响显著为正,2015—2022年显著为负。就间接效应而言,2006—2014年和2015—2022年应急产业集聚均抑制应急产业可持续发展但抑制作用不显著。主要原因可能是:2006—2014年处于应急产业政策驱动与初步集聚期,市场技术门槛低,政府财政补贴、税收优惠、园区建设支持等政策鼓励产业集聚,集聚规模效应能够降低交易成本,促进本地应急产业可持续发展。但此时期关键核心技术对外依存度、高污染环节集中、市场垄断激烈,导致挤出效应,周边中小企业潜力掣肘发展受限。而2015—2022年处于应急产业创新驱动与智慧化升级期,政策红利减少导致低效企业倒闭,产业绿色化趋势加大技术研发和治污支出,土地、劳动力生产成本超过规模集聚收益,在一定程度上抑制了本地和周边地区应急产业可持续发展。

3.4 应对策略讨论

为进一步提高城市应急效率、推进应急产业可持续发展,现结合空间分异、空间关联和空间计量结果,提出针对性对策建议。

1)打破省际壁垒、强化空间协同,促进区域资源共建共享。各个地区应立足自身资源禀赋,发展特色应急产业;建立跨省应急产业协作与利益补偿机制,鼓励东部发挥集聚中心示范效应,通过技术转移、定向采购、良性竞争等方式,以点带面、以快带慢,主动辐射和带动周边邻近欠发达地区;加大中西部地区基础设施和公共服务平台专项投入力度,重点扶持地方特色应急产品,提高物流运输效率和产业经济基础,形成差异化竞争优势。

2)充分发挥应急产业集聚空间溢出效应,实施区域差异化战略。经济发达地区要发挥资源禀赋和产业基础优势,积极研发先进核心技术,将大数据、云计算以及人工智能等前沿技术应用生产链,降低生产污染物排放,推动产业结构向数字化转型、绿色化升级。而经济欠发达地区要依托政策扶持,完善生态补偿和产业转移税收分成机制,推进留才引才工作,提高应急资源转化率,与东部协同构建跨省应急产业带,形成应急产业可持续发展规模效应。

3)利用关键杠杆,放大正向机制。要优化公共安全领域财政支出结构,增加应急园区建设和

产品研发专项资金投入;鼓励高端应急服务业与本地先进制造业同步发展,避免产业空心化;构建区域能源协同体系,推行资源效率对标管理,根据产业发展趋势及时调整资源分配份额;坚持技术创新和对外交流,缓解虹吸效应,促进大数据与应

急管理业务深度融合,坚持创新为本,强化关键技术研发,加强与科研院所、国内外院校及行业拔尖人才的合作,同时要加强对创新型人才培养,与国际接轨建立人才交流平台,促进应急产业集聚的知识和技术溢出。

表7 分组回归结果

Table 7 Subgroup regression results

变量	经济发达		经济欠发达		2006—2014年		2015—2022年	
	直接效应	间接效应	直接效应	间接效应	直接效应	间接效应	直接效应	间接效应
lnlq	0.055 (1.114)	0.479*** (4.224)	-0.010 (-0.114)	0.034 (0.333)	0.180*** (3.991)	-0.078 (-0.846)	-0.117** (-2.224)	-0.040 (-0.295)
lngov	0.041 (0.758)	0.385*** (5.183)	0.130* (1.846)	0.284*** (5.891)	0.013 (0.226)	0.025 (0.340)	0.098* (1.763)	-0.036 (-0.319)
lnadv	0.193*** (4.728)	0.190*** (2.587)	-0.183*** (-3.133)	0.034 (0.564)	0.142*** (3.363)	-0.124 (-1.414)	0.216*** (3.755)	-0.029 (-0.228)
lnresr	0.291*** (5.878)	-0.344*** (-2.950)	0.165* (1.809)	0.294*** (3.206)	0.337*** (6.780)	-0.086 (-0.711)	0.326*** (4.397)	-0.156 (-0.968)
lnopen	0.045*** (4.245)	0.050** (2.542)	0.012 (0.552)	0.010 (0.442)	0.024*** (2.761)	0.042** (2.143)	0.033** (2.126)	0.046 (0.839)
lninno	0.074*** (8.050)	-0.007 (-0.461)	-0.025* (-1.773)	0.014 (0.806)	0.052*** (5.628)	-0.000 (-0.013)	0.053*** (5.977)	0.017 (0.917)
lnecon	0.074* (1.730)	0.087 (1.169)	0.108* (1.757)	0.131** (2.094)	0.182*** (5.024)	0.220*** (2.926)	0.008 (0.515)	0.105 (1.289)

4 结论

1)省域应急产业集聚水平和应急产业可持续发展水平区域分异特征明显,总体呈现出“东高西低”的梯级分布,东部产业集聚和可持续水平明显高于其他地区,中西部保持匀速增长,而东北地区增速放缓甚至出现下降趋势,未来需要重点关注,这对政府实施区域化应急产业集聚政策推动产业可持续发展具有较强政策意义。

2)省域应急产业集聚与应急产业可持续发展具有显著空间正相关,且集聚水平和可持续发展水平与地区间经济联系逐渐减弱,意味着经济差距对地区产业发展的制约作用日渐式微,一定程度上为消除地区间应急产业发展不平衡提供政策思路。

3)应急产业集聚能够显著促进应急产业可持续发展,该地区的应急产业集聚能显著促进自身和周边应急产业可持续发展。从地区异质性来看,经济发达地区应急产业集聚对该地区和临近地区应急产业可持续发展均具有促进作用,而经济欠发达地区应急产业集聚对该地区呈现抑制作

用、对临近地区呈现促进作用。从时期异质性来看,2006—2014年该地区应急产业集聚对该地区应急产业可持续发展具有显著促进作用,而2015—2022年呈现显著抑制作用。

参考文献(References):

- [1] 余海燕,郑钰.新发展格局下应急产业的生成逻辑、市场化悖论与常态化发展[J].经济体制改革,2023(2):130-138.
YU Haiyan,ZHENG Hong. The generation logic, market paradox and normal development of the emergency industry under the new development pattern[J]. Reform of Economic System,2023(2):130-138.
- [2] DING P, YE S. Research on the development of China's emergency industry based on system dynamics theory[J]. International Journal of System Assurance Engineering and Management,2017,8(3):2036-2043.
- [3] 叶然,刘琪,姜同,等.化工安全与应急产业发展态势的系统动力学预测研究[J].安全与环境学报,2024,24(5):1649-1658.
YE Ran, LIU Qi, JIANG Tong, et al. System dynamics based forecasting on the development trend of chemical

- safety and emergency industry[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2024, 24(5):1649-1658.
- [4] 王薇,余玲艳. 中国应急产业政策目标、工具、力度的三维分析——基于2002年以来政策文本的量化研究[J]. *中国安全生产科学技术*, 2019, 15(11):50-56.
WANG Wei, YU Lingyan. Three-dimensional analysis of China's emergency industry policy objectives, tools and strengths-quantitative research based on policy texts since 2002[J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2019, 15(11):50-56.
- [5] 陈一洲,单欣可,张洪. 我国安全应急产业政策量化评价与优化路径研究[J]. *安全与环境学报*, 2024, 24(2):577-586.
CHEN Yizhou, SHAN Xinke, ZHANG Hong. Research on the quantitative evaluation and optimization path of China's safety emergency industry policy[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2024, 24(2):577-586.
- [6] LIU Y, KANG C, YIN Z. Construction of interpretive structure modeling for the influencing factors of emergency industry development[J]. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 2020, 38(6):6927-6935.
- [7] 马颖,谢莹莹,康萍,等. 我国应急产业发展影响因素的作用机理研究:基于结构方程模型[J]. *科研管理*, 2020, 41(9):257-267.
MA Ying, XIE Yingying, KANG Ping, et al. A study of the influencing mechanism in which the factors influence the emergency industry development in China: A modeling based on structural equation[J]. *Science Research Management*, 2020, 41(9):257-267.
- [8] JU Y, YANG J, MA J, et al. Assessing impacts of emergency industry demonstration on firm profitability: The role of blockchain strategies and technologies[J]. *Industrial Management & Data Systems*, 2024, 124(4):1582-1606.
- [9] 曹广喜,高升,周玲. 应急产业集聚和应急财政支出对中国经济增长的影响——基于省级面板数据[J]. *审计与经济研究*, 2021, 36(4):98-106.
CAO Guangxi, GAO Sheng, ZHOU Ling. Emergency industrial agglomeration, emergency fiscal expenditure and China's economic growth: Based on provincial panel data[J]. *Journal of Audit & Economics*, 2021, 36(4):98-106.
- [10] 张廷海,王点,宋顺锋. 中国应急产业集聚的增长效应及其影响因素——基于2005—2014年面板数据的空间计量分析[J]. *财贸研究*, 2018, 29(9):42-54, 75.
ZHANG Tinghai, WANG Dian, SONG Shunfeng. Growth effect and influencing factors of spatial agglomeration in emergency industry: Spatial measurement analysis based on 2005—2014 panel data[J]. *Finance and Trade Research*, 2018, 29(9):42-54, 75.
- [11] 尹宗贻,王欣雨,孙艳琳,等. 应急产业集聚对区域经济韧性的影响研究[J]. *工程管理科技前沿*, 2024, 43(2):90-96.
YIN Zongyi, WANG Xinyu, SUN Yanlin, et al. Research on the influence of emergency industrial agglomeration on regional economic resilience[J]. *Frontiers of Science and Technology of Engineering Management*, 2024, 43(2):90-96.
- [12] RAJLAKSHMI, DUTTA S, SARAVANABHUPATHY S, et al. Jute stick-based industrial artefact towards sustainable development goals[J]. *Industrial Crops and Products*, 2024, 215:118599.
- [13] FERRAZ D, FALGUERA F P S, MARIANO E B, et al. Linking economic complexity, diversification, and industrial policy with sustainable development: A structured literature review[J]. *Sustainability*, 2021, 13(3):1265.
- [14] 王占永,刘敏,熊文彬. 基于产业链和系统动力学的我国核电产业可持续发展影响因素探析[J]. *中国矿业*, 2020, 29(S2):1-7.
WANG Zhanyong, LIU Min, XIONG Wenbin. Analysis of the factors influencing the sustainable development of China's nuclear power industry based on industrial chain and system dynamics[J]. *China Mining Magazine*, 2020, 29(S2):1-7.
- [15] GRYSHOVA I, KYZYM M, KHAUSTOVA V, et al. Assessment of the industrial structure and its influence on sustainable economic development and quality of life of the population of different world countries[J]. *Sustainability*, 2020, 12(5):2072.
- [16] GALINDO-MARTÍN M Á, CASTAÑO-MARTÍNEZ M S, MÉNDEZ-PICAZO M T. Effects of the pandemic crisis on entrepreneurship and sustainable development[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 137:345-353.
- [17] YU Y, LIN Z, LIU D, et al. Exploring the spatially heterogeneous impacts of industrial agglomeration on regional sustainable development capability: Evidence from new energy industries[J]. *Environment Development and Sustainability*, 2024, 26(7):16657-16682.
- [18] 魏翔,夏安全,赵迪,等. 推动我国稀土产业可持续发展的策略探讨[J]. *中国矿业*, 2024, 33(S1):5-9.
WEI Xiang, XIA Anquan, ZHAO Di, et al. Exploring strategies for the sustainable development of China's rare earth industry[J]. *China Mining Magazine*, 2024, 33(S1):5-9.

- [19] HAN C, HUA D, LI J. A view of industrial agglomeration, air pollution and economic sustainability from spatial econometric analysis of 273 cities in China[J]. Sustainability, 2023, 15(9):7091.
- [20] QI F, GUO D, XU Y, et al. How does circulation industry agglomeration help close the income gap between urban and rural areas? Evidence from China[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2024, 94:101952.
- [21] REN Y, TIAN Y, ZHANG C. Investigating the mechanisms among industrial agglomeration, environmental pollution and sustainable industrial efficiency: A case study in China[J]. Environment, Development and Sustainability, 2022, 24(11):12467-12493.
- [22] ELKINGTON J. Accounting for the triple bottom line [J]. Measuring Business Excellence, 1998, 2(3):18-22.
- [23] GAO L, LI F, ZHANG J, et al. Study on the impact of industrial agglomeration on ecological sustainable development in Southwest China[J]. Sustainability, 2021, 13(3):1301.
- [24] 杨桐彬, 朱英明. 产业协同集聚对资源型城市可持续发展的影响[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(4):60-71.
YANG Tongbin, ZHU Yingming. The impact of industrial co-agglomeration on sustainable development of resource [J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2021, 23(4):60-71.
- [25] 许瑜, 郑方宜. 科技人才集聚对中国区域可持续发展的影响研究——基于空间溢出与门槛效应的实证检验[J]. 人文地理, 2024, 39(5):138-148.
XU Yu, ZHENG Fangyi. Research on the effect of scientific and technological talent agglomeration on regional sustainable development in China: Empirical test based on spatial spillover and threshold effect[J]. Human Geography, 2024, 39(5):138-148.
- [26] LU Y, CAO K. Spatial analysis of big data industrial agglomeration and development in China[J]. Sustainability, 2019, 11(6):1783.
- [27] 杨筱茜, 蔡林美, 张金锁. 空间视角下金融创新、产业结构升级与碳排放的关系研究[J]. 西安科技大学学报, 2022, 42(4):791-799.
YANG Xiaoxi, CAI Linmei, ZHANG Jinsuo. The relationship between financial innovation, industrial structure upgrading and carbon emissions from a spatial perspective[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2022, 42(4):791-799.
- [28] 王赫, 吴朝阳. 经济差距对创新溢出与技术交流的影响——基于经济距离矩阵的空间计量研究[J]. 经济问题, 2020(9):78-84.
WANG He, WU Zhaoyang. How economic gap affect innovation spillover and technology communication: A spatial econometrics research based on economic distance matrix[J]. On Economic Problems, 2020(9):78-84.
- [29] 孟楠楠, 张诗悦, 裴彤, 等. 我国卫生技术人员配置的空间溢出效应研究——基于经济距离矩阵[J]. 卫生经济研究, 2023, 40(7):41-44, 49.
MENG Nannan, ZHANG Shiyue, PEI Tong, et al. Study on spatial spillover effect of health technical personnel allocation in China: Based on economic distance matrix [J]. Health Economics Research, 2023, 40(7):41-44, 49.
- [30] 李云燕, 张雪莹. 基于空间视角的交通运输规模对交通碳排放的影响路径[J]. 环境科学, 2024, 45(11):6392-6402.
LI Yunyan, ZHANG Xueying. Mechanism of transportation capacity influence on carbon emission of transportation sector at China provincial scale from a spatial perspective [J]. Environmental Science, 2024, 45(11):6392-6402.
- [31] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020, 36(10):65-76.
ZHAO Tao, ZHANG Zhi, LIANG Shangkun. Digital economy, entrepreneurship, and high-quality economic development: Empirical evidence from urban China[J]. Journal of Management World, 2020, 36(10):65-76.

(责任编辑:高佳)