

迈向“双碳”研究系列报告

《研发创新对碳排放的影响效应研究》
(S 系列-2022S02)

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心
中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

2022 年 12 月 24 日



中国油气产业发展研究中心

Research Center for China's Oil and Gas Industry Development

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心成立于 2010 年，并挂靠在经济管理学院。中心定位为“国际知名、国内一流的油气产业发展研究基地”，围绕五大研究方向和五大应用领域，重点承担和开展一批基础理论与实践应用研究课题。自成立以来，中心学术影响力和社会影响力在不断提升，已经累计承担课题 100 多项，其中国家社科基金重大项目 1 项、教育部人文社科基金重大项目 1 项、国家自然科学基金/社会科学基金项目 9 项、国际合作基金 2 项、国家部委项目 31 项、企业项目 75 项；出版了学术专著 19 部、教材 4 部。近 5 年，中心发表学术论文 100 多篇，多数被 SCI/SSCI/CSSCI/CSCD 收录；获得国家能源局、商务部、中国石油和化学工业联合会等省部级科技奖励 16 项。目前中心有研究人员 12 名，其中教授 5 名，博士生导师 5 人。



中石大碳能院

ICED-CUPB

中国石油大学(北京)碳中和与能源创新发展研究院(简称“中石大碳能院”)是在国家碳达峰和碳中和目标(简称“双碳”目标)下,中国石油大学(北京)主动服务国家需求,积极响应国家建设高校特色智库的要求,结合学校自身优势,于2021年9月成立的智库性质的研究机构,也是支持中国石油大学(北京)“一带一路”能源合作伙伴关系合作网络高校(青年)工作组组长单位业务开展的主要研究机构。中石大碳能院为应对气候变化和“双碳”目标下的国际、国家、行业、企业在能源与油气领域的发展提供第三方分析、评价与政策建议。通过每年向社会公众发布指数类、研究类、专题类系列报告,并向国家决策部门和行业决策者提供政策建议,定期举办相关特色论坛等,逐步打造“立足中国、面向世界”、“聚焦油气、辐射能源”的特色鲜明的能源类高校“双碳”政策类研究智库。

研发创新对碳排放的影响效应研究

核心摘要

创新被认为是碳减排的有效手段，“双碳目标”的实现离不开创新技术的引领以及创新驱动战略的实施。因此，探究创新对碳排放的影响机制对我国提高创新能力、实现减排目标、促进可持续发展具有重要意义。本报告基于 2006-2020 年中国省域面板数据，通过熵值法和超效率 DEA 构建创新规模和创新效率两个指标，运用空间杜宾模型探究创新研究碳排放的直接影响与溢出效应，并对不同区域开展异质性检验。结果表明：①在规模方面，北京、江苏、浙江和广东创新规模较高，海南、青海、宁夏和新疆创新规模较低；在效率方面，北京、浙江和广东创新效率较高，山西和宁夏创新效率较低。②从总体上看，创新规模对本地碳排放具有正向影响，且对周围地区碳排放具有正向溢出效应；创新效率对本地碳排放的影响不显著，但是对周围地区碳排放具有负向溢出效应。③异质性检验结果表明，东部地区的创新规模和效率对本地碳排放均存在负向影响，创新规模对周围地区碳排放有负向溢出效应，而创新效率则有正向溢出效应；中部地区的创新规模和效率对本地碳排放均存在负向影响，创新规模对周围地区碳排放有正向溢出效应，而创新效率的溢出效应不显著；西部地区的创新规模对本地碳排放的影响不显著，创新效率对本地碳排放存在正向影响，创新规模和效率对周围地区碳排放均有负向溢出效应。

1. 研究背景与目的

温室气体排放所造成的气候变暖对人类生产生活造成了严重影响。中国一直十分重视气候变暖的负面影响，积极履行减排责任，提出了 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和的目标。“双碳目标”的实现离不开创新技术的引领以及创新驱动战略的实施。探究创新对碳排放的影响机制对我国提高创新能力、实现减排目标、促进可持续发展具有重要意义。

目前有关创新对碳排放影响的研究已经比较丰富，但是仍然存在几处不足。第一，相关研究大多只考虑创新规模或效率中的某一个层面，缺少对两个层面的综合探讨。第二，在创新规模层面，相关研究大多只基于投入或产出中的某一个视角，缺少对两种视角的系统整合。第三，目前已有研究表明创新对碳排放的影响存在地区异质性，但是大多仅研究了直接效应并未考虑溢出效应。基于此，本报告从创新规模和效率出发，运用空间杜宾模型研究创新对碳排放的直接影响与溢出效应，并探究创新对碳排放影响的地区异质性。

2. 主要研究思路

2.1 技术路线

为了分析研发创新对碳排放的影响效应，研究首先测算创新规模和效率，然后测算碳排放量并检验其空间相关性，接着运用空间杜宾模型研究创新对碳排放的影响，包括直接影响与溢出效应，最后识别创新对碳排放影响的地区异质性。本报告技术路线图如下：

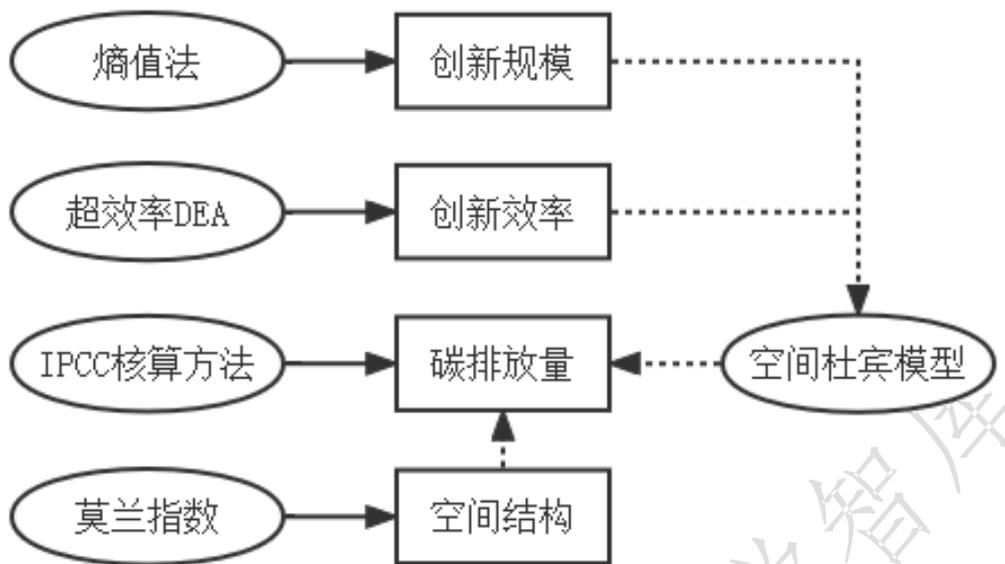


图 1 技术路线图

2.2 数据基础及来源

本报告的创新指标数据来自《中国科技统计年鉴》，各种能源消费数据（其中 2020 年数据根据趋势外推得出）、年末常住人口、人均地区生产总值、第三产业比重数据（包括 CPI 和美元对人民币汇率）来自国家统计局，能源强度和外商直接投资数据来自各省统计年鉴和国家统计局。

2.3 变量指标测算和影响效应模型

（1）创新规模测算：报告选取以下 4 个指标来评价创新规模，分别是 R&D 经费内部支出(K)、R&D 人员全时当量(L)、专利授权数(P)和技术市场成交额(V)，用以代表资本投入、人力投入、成果产出和成果应用，选用熵值法测算创新规模(S)。

（2）创新效率测算：报告选取以下 4 个指标来评价创新效率，分别是：R&D 经费内部支出(K)、R&D 人员全时当量(L)、产出指标

为专利授权数(P)和技术市场成交额(V)，用以代表资本、人力投入、产出和应用。选用超效率 DEA 测算创新效率。

(3) 碳排放测算根据 IPCC 碳排放量测算方法

(4) 创新对碳排放的影响效应模型：

本报告通过构建如下空间杜宾模型研究创新对碳排放的影响，重点关注的是研发创新对碳排放直接效应。

$$Y_{it} = \alpha + \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} Y_{it} + \beta X_{it} + \theta \sum_{j=1}^n W_{ij} X_{it} + c_i + \mu_t + \varepsilon_{it}$$

其中， Y_{it} 为被解释变量， X_{it} 为解释变量， β 为解释变量的系数， α 为常数项， ρ 和 θ 分别表示被解释变量和解释变量的空间溢出效应， W_{ij} 为空间权重矩阵， c_i 和 μ_t 分别为个体和时间固定效应， ε_{it} 为随机误差项。

3. 主要研究结果与结论

3.1 指标测算结果

全国创新规模总体呈现稳定的增长趋势，30省在创新投入和创新产出上都有明显提升，创新规模均值从2006年的5.14上升到2020年的19.41，年均增长率达到9.98%。其中，北京、江苏、浙江和广东创新资源丰富，创新投入和产出都位于全国前列，排名均稳定在前5，为高创新规模省份。海南、青海、宁夏和新疆创新资源不足，创新投入和产出都不高，均排名末尾，为低创新规模省份。辽宁、黑龙江和甘肃排名均呈后退趋势，创新规模发展潜力略显不足。

全国创新效率总体呈现波动的增长趋势，尽管在2016年和2019年有小幅下降，但是30省创新效率均值从2006年的0.20上升到2020

年的 0.85，年均增长率为 11%。其中，北京创新效率稳居第一，浙江和广东也稳定在前 10 位，为高效率省份。山西和宁夏创新效率均处于末尾，为低效率省份。

全国碳排放量增长大致可以分成快速增长阶段（2006-2011 年）和稳定增长阶段（2012-2020 年）两个阶段。在快速增长阶段，能源消耗随着经济发展飞速增长，碳排放也随之增长，该阶段全国各省碳排放年均增长率达到 8.19%。在稳定发展阶段，随着能源结构调整和低碳减排发展，碳排放增速逐渐放缓。该阶段全国碳排放年均增长率下降到 1.44%。

3.2 创新对碳排放影响的参数估计和稳健性检验

报告运用空间杜宾模型探究创新对碳排放的影响，用邻接矩阵 $W1$ 、地理距离矩阵 $W2$ 和经济距离矩阵 $W3$ 这三个空间权重矩阵识别结果的稳健性。结果显示（表 1），在三个矩阵下，创新规模对本地碳排放具有促进作用对周围地区碳排放产生正向溢出效应；但创新效率对本地碳排放无显著影响，在 $W1$ 和 $W2$ 矩阵下本地创新效率的提高会对周围地区碳排放产生负向溢出效应。总的来看， $W1$ 和 $W2$ 矩阵下的参数估计结果比较稳健，但是在 $W3$ 矩阵下， WS 和 WE 的系数都不显著，参数估计结果可能存在稳健性不足的问题，可能的原因在于各省份在经济发展上差异较大，经济关系并不紧密，这也从侧面说明因为经济社会发展的差异，创新对碳排放的影响可能存在地区异质性。因此，后续将进一步对中国东中西三大地区进行结果检验。

表 1 参数估计结果

	W1	W2	W3		W1	W2	W3
S	0.025** (2.35)	0.008 (0.74)	-0.016 (-1.56)	WS	0.092*** (5.63)	0.245*** (3.37)	-0.014 (-0.82)
E	0.025 (0.58)	0.044 (0.96)	0.060 (1.37)	WE	-0.324*** (-3.87)	-0.577* (-1.81)	0.057 (0.82)
EI	0.390*** (21.41)	0.414*** (23.76)	0.400*** (22.68)	WEI	0.174*** (3.22)	0.418** (2.51)	0.167*** (3.54)
POP	0.484*** (2.93)	0.391*** (2.78)	0.900*** (10.42)	WPOP	-0.623** (-1.99)	-2.492*** (-2.82)	0.080 (0.47)
PGDP	1.026*** (13.75)	0.874*** (10.59)	0.837*** (12.99)	WPGDP	-0.026 (-0.19)	0.674 (1.63)	0.198* (1.86)
PTI	0.638*** (2.68)	0.754*** (2.65)	0.094 (0.43)	WPTI	-1.143** (-2.37)	-0.254 (-0.13)	-1.792*** (-6.31)
FDI	-0.006 (-0.68)	-0.007 (-0.70)	-0.010 (-1.01)	WFDI	-0.066*** (-4.07)	-0.048 (-0.73)	0.029** (2.02)
				WC	-0.003 (-0.04)	-0.375* (-1.72)	0.012 (0.19)

3.3 创新对碳排放影响的异质性检验

为识别地区异质性，报告分别对东中西三大地区做进一步参数估计，结果分别如表 2，3，4 所示。可以看出，在东部地区，创新规模和效率对本地碳排放均存在负向影响。创新规模对周围地区碳排放有负向溢出效应，而创新效率则有正向溢出效应。WS 和 WE 在三个矩阵下的显著性为 $W3 > W1 > W2$ ，表明相比于相邻关系与地理距离关系，东部地区经济关系最为紧密。在中部地区，创新规模和效率对本地碳排放均存在负向影响。创新规模对周围地区碳排放有正向溢出效应，而创新效率的溢出效应不显著。在西部地区，创新规模对本地碳排放的影响不显著，创新效率对本地碳排放存在正向影响。创新规模和效

率对周围地区碳排放均有负向溢出效应。WS 和 WE 在三个矩阵下的显著性为 $W1>W2>W3$ ，表明西部地区在经济关系上并不紧密。

表 2 东部地区参数估计结果

	W1	W2	W3		W1	W2	W3
S	-0.019	-0.010	-0.031***	WS	-0.045***	-0.071	-0.059***
	(-1.20)	(-0.84)	(-3.75)		(-2.63)	(-1.61)	(-5.35)
E	-0.078*	-0.007	-0.027	WE	0.140*	0.062	0.314***
	(-1.78)	(-0.14)	(-0.70)		(1.94)	(0.36)	(4.98)
EI	0.325***	0.304***	0.192***	WEI	0.050	0.048	0.090**
	(9.18)	(8.55)	(6.10)		(0.81)	(0.31)	(2.01)
POP	-0.613***	-0.175	0.214*	WPOP	1.591***	2.045***	-0.171
	(-3.08)	(-1.40)	(1.80)		(4.56)	(3.16)	(-0.76)
PGDP	1.357***	1.417***	1.338***	WPGDP	0.859***	2.561***	0.318**
	(9.85)	(14.30)	(18.63)		(3.73)	(5.46)	(2.26)
PTI	2.261***	1.721***	1.414***	WPTI	0.088	-1.607	-0.889***
	(8.73)	(5.18)	(7.34)		(0.12)	(-1.08)	(-2.57)
FDI	0.005	-0.011	-0.041***	WFDI	-0.009	-0.187***	-0.093***
	(0.47)	(-0.94)	(-3.96)		(-0.37)	(-2.79)	(-4.28)
				WC	0.044	-0.366**	-0.014
				(0.51)	(-1.91)	(-0.17)	

注：东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南。

表 3 中部地区参数估计结果

	W1	W2	W3		W1	W2	W3
S	-0.120*** (-5.79)	-0.187*** (-4.75)	-0.178*** (-3.61)	WS	0.411*** (4.97)	0.256* (1.94)	0.234 (1.16)
E	-0.148** (-2.20)	-0.189*** (-3.07)	-0.194* (-1.76)	WE	-0.023 (-0.25)	-0.192 (-1.08)	-0.187 (-0.48)
EI	0.292*** (7.22)	0.348*** (8.54)	0.271*** (4.01)	WEI	0.196*** (3.21)	0.489*** (3.60)	-0.359* (-1.77)
POP	-3.13*** (-9.63)	-2.031*** (-7.64)	-0.062 (-0.17)	WPOP	0.901* (1.86)	4.027*** (4.21)	-0.855 (-0.85)
PGDP	0.764*** (8.32)	0.818*** (8.68)	0.606*** (3.96)	WPGDP	0.772*** (4.58)	1.286*** (3.89)	-1.776*** (-3.38)
PTI	-0.436 (-1.43)	-0.376 (-1.36)	-0.855* (-1.79)	WPTI	1.621*** (3.77)	2.430*** (3.20)	-4.536*** (-2.58)
FDI	-0.004 (-0.30)	0.002 (0.18)	0.010 (0.60)	WFDI	-0.015 (-0.90)	-0.005 (-0.16)	0.029 (0.32)
				WC	-0.278*** (-3.13)	-1.035*** (-6.74)	-0.395*** (-2.92)

注：中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、和湖南。

表 4 西部地区参数估计结果

	W1	W2	W3		W1	W2	W3
S	0.015 (0.39)	-0.015 (-0.31)	-0.043 (-0.48)	WS	-0.780*** (-5.92)	-0.898** (-2.13)	-0.053 (-0.15)
E	-0.031 (-0.50)	0.149** (2.10)	0.206*** (2.84)	WE	-0.257** (-2.22)	-0.359 (-1.13)	-0.386* (-1.88)
EI	0.208*** (6.63)	0.322*** (10.64)	0.187*** (4.71)	WEI	0.589*** (7.43)	1.305*** (5.92)	-0.012 (-0.10)
POP	3.723*** (9.81)	4.146*** (10.89)	2.949*** (6.93)	WPOP	3.302*** (3.01)	8.324*** (3.88)	5.006*** (4.58)
PGDP	0.413*** (2.68)	0.645*** (2.88)	0.114 (0.42)	WPGDP	1.417*** (4.22)	3.900*** (3.21)	0.574 (1.07)
PTI	-1.246*** (-3.40)	-1.191*** (-2.72)	-0.095 (-0.15)	WPTI	-0.583 (-0.67)	-0.042 (-0.02)	4.335*** (3.28)
FDI	0.006 (0.52)	0.007 (0.54)	0.050*** (3.56)	WFDI	-0.007 (-0.31)	0.002 (0.04)	0.103*** (2.87)
				WC	-0.230** (-1.95)	-0.490** (-2.06)	-0.318** (-2.50)

注：西部地区包括广西、内蒙古、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏、新疆和青海。

总体来看，全国与三大地区的结果对比如表 5 所示：

表 5 全国及东中西三大地区结果对比

	创新规模(S)		创新效率(E)	
	直接影响	溢出效应	直接影响	溢出效应
全国	正向	正向	不显著	负向
东部	负向	负向	负向	正向
中部	负向	正向	负向	不显著
西部	不显著	负向	正向	负向

4. 政策建议

(1) 各省应当在提高创新水平的过程中重视创新效率，一味地扩大创新规模不利于低碳减排的发展。

(2) 各省应当加强与周围地区的创新交流与合作，促进创新资

源的流动与持续发展，减少地区保护主义政策，共同创建合作竞争的新环境，促进创新规模和效率的协同发展。

(3) 各省在自身发展过程中，不能简单地将低效率高耗能产业转移到其他地区，要促进不同地区产业的协同减排与升级。

中石大碳能院软科学智库

关于作者

系列报告总协调人：王建良、姜钰卿



朱潜挺(1981.1-),男,中科院博士,中国石油大学(北京)副教授,硕导。从事气候变化经济建模与政策模拟。主持国家自然科学基金、国家重点研发计划子课题等,在国内外重要期刊发表论文20余篇,专著1部,软件著作权3项。



阚之程(1999.6-),中国石油大学(北京)经济管理学院硕士研究生,目前研究方向为能源经济管理。参与国家自然科学基金项目,并参与发表CSSCI论文一篇。



吴静(1981.8-),女,研究员,现任中国科学院科技战略咨询研究院学部咨询研究支撑中心执行主任,中国科学院大学岗位教授。先后主持或参与国家级项目40余项;发表论文70余篇,SCI/SSCI论文14篇,以第一作者或参与出版专著13部,上报咨询报告25份。

本报告校对入：王建良、姜钰卿

报告引用：朱潜挺, 阚之程, 吴静. 研发创新对碳排放的影响效应研究 [R]. 中国石油大学(北京)碳中和与能源创新发展研究院, 2022S02, 2022年12月24日.



中石大碳能院

ICED-CUPB

中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

Institute of Carbon Neutrality and Innovative Energy Development, China University of Petroleum,
Beijing (ICED-CUPB)

联系电话：18910556924

邮箱：iced-cupb@cup.edu.cn

微信公众号：ICED-CUPB

地址：北京市昌平区府学路 18 号

Add: No. 18, Fuxue Rd., Changping District, Beijing, 102249, China

