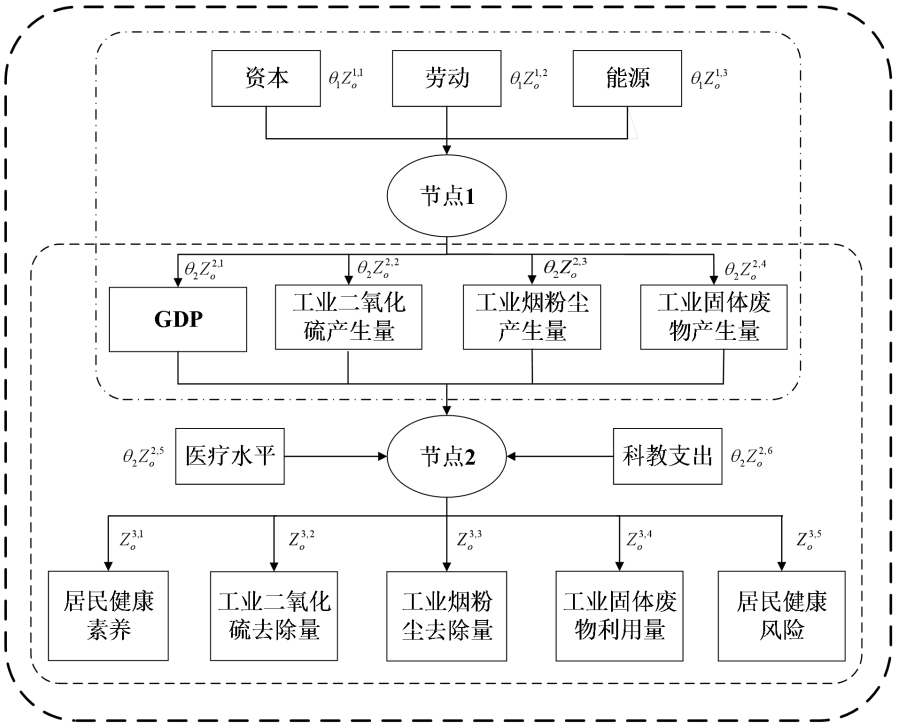


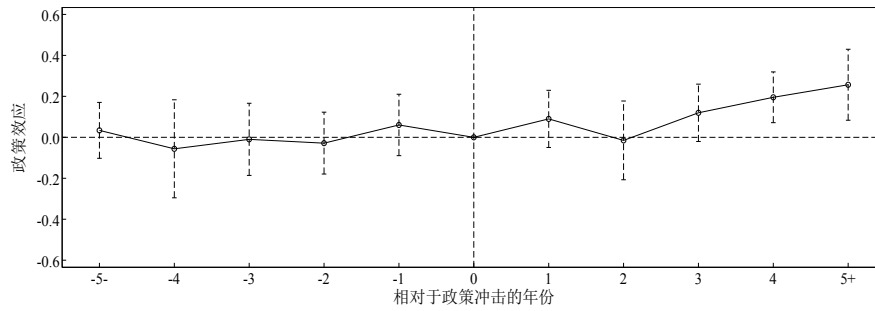
附录 1: Hybrid-Network-DEA 模型构建思路框架以及环境福利绩效的相关投入与产出变量指标选取

Hybrid-Network-DEA 模型构建思路框架如附录图 1 所示。对于投入与产出变量指标的选取，基于数据的可得性，本文将各样本城市的资本存量（万元）、就业人数（万人）、全社会用电量（万千瓦时）作为节点 1 的投入变量指标。其中，本文参考张军等（2004）的做法对各城市的资本存量进行了估算，并采用城镇年末单位从业人数、个体与私营从业人数的综合值衡量就业人数。对于节点 1 对应的产出变量指标的选取，本文采用城市 GDP（万元）作为期望产出变量指标，采用工业二氧化硫产生量（吨）、工业烟粉尘产生量（吨）和工业固体废物产生量（吨）作为非期望产出变量指标。同时，本文将节点 1 的产出变量指标与医疗水平和科教支出共同作为节点 2 的投入变量指标。其中，医疗水平由医生数（万人）予以反映，科教支出由科技支出（万元）和教育支出（万元）之和予以度量。对于节点 2 对应的产出变量指标，世界卫生组织通常利用人口预期寿命来评估居民健康状况（World Health Organization, 2000），但我国缺乏城市层面各年的人口预期寿命完整统计资料。而城镇居民人均可支配收入能够反映居民的财富状况，收入越高通常意味着居民的健康素养越高（Wolf 等，2005），从而使得居民获取和理解健康信息的能力以及由此维护和促进自身健康的能力越强，预期寿命往往也会越高。因此，本文选择城镇居民人均可支配收入（万元）表示居民健康素养。同时，工业二氧化硫去除量（吨）、工业烟粉尘去除量（吨）和工业固体废物利用量（吨）能够反映区域环境治理成效，故本文将其与居民健康素养共同作为期望产出变量指标。此外，环境污染的恶化会增加居民的健康风险（刘伟明等，2022），使得居民往往更易受疾病威胁，从而会在一定程度上导致居民过早死亡（Manafa 和 Wong，2012）。因此，本文采用居民死亡人数（万人）刻画居民健康风险，并将其作为非期望产出变量指标。上述数据源于《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》、各省市统计年鉴及统计公报。

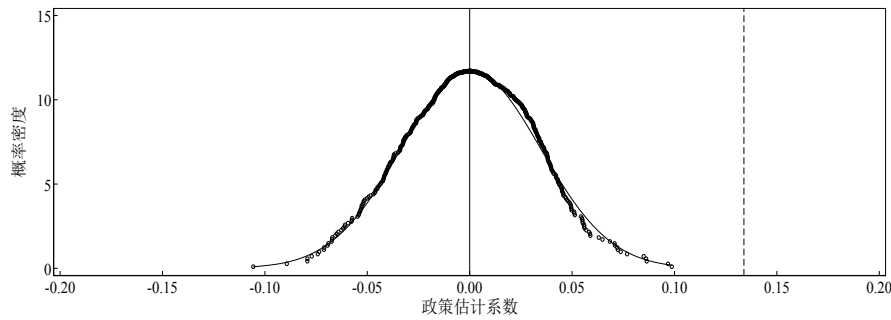


附录图 1 Hybrid-Network-DEA 模型构建思路框架

附表1		变量描述性统计				
变量	定义	观测值	低碳试点城市		非低碳试点城市	
			均值	标准差	均值	标准差
<i>ewp</i>	环境福利绩效	3696	0.8321	0.2123	0.8088	0.2324
<i>did</i>	低碳城市试点政策	3696	0.2627	0.4403	0.0000	0.0000
<i>consume</i>	消费水平	3696	36.1506	8.7902	33.9955	9.3653
<i>resource</i>	资源禀赋	3696	1.9794	5.0273	4.3433	6.9136
<i>urban</i>	城市化水平	3696	44.7330	27.8036	30.5984	19.1417
<i>market</i>	市场化程度	3696	48.7650	13.2393	43.4768	13.8998
<i>fdi</i>	外商直接投资水平	3696	2.9771	2.8953	1.6589	1.8467
<i>infra</i>	基础设施水平	3696	12.1442	7.0583	10.6994	8.4020
<i>upgrade</i>	产业结构高级化	3696	0.9677	0.4966	0.8435	0.5195
<i>rational</i>	产业结构合理化	3696	19.7078	16.9972	30.2580	22.3664
<i>greentech</i>	绿色技术创新	3696	548.4946	1355.3260	91.7512	230.0813
<i>human</i>	人力资本水平	3696	301.0522	302.4598	108.9515	142.8972
<i>allocation</i>	资本错配程度	3696	3.4840	3.9404	5.1417	5.1204



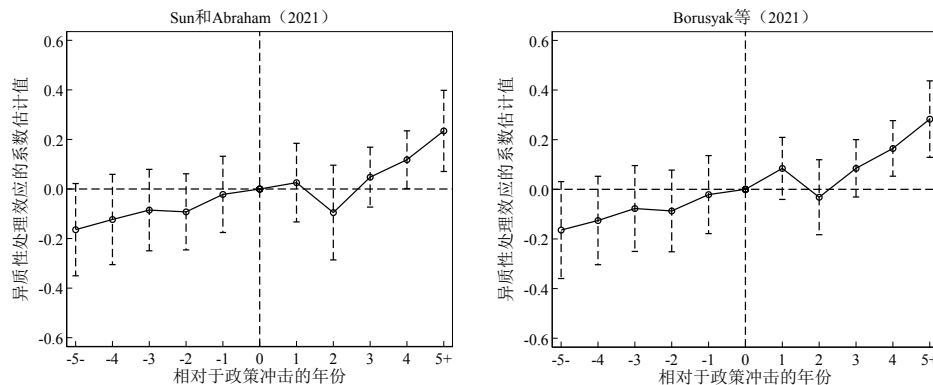
附图 1 平行趋势检验

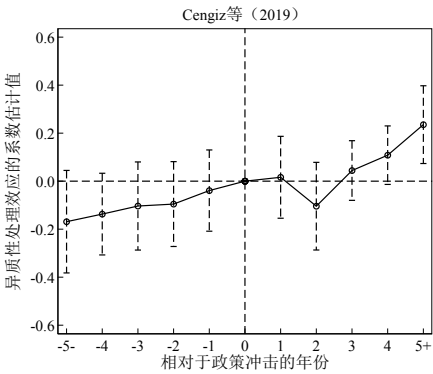


附图 2 安慰剂检验

附录 2：异质性稳健估计量的构造方法和检验结果

第一，组别 - 时期估计量。Sun 和 Abraham (2021) 采用计算组别 - 时期处理效应并加权求和的思路，选取从未接受处理和尚未接受处理的样本作为控制组，在计算组别 - 时期估计量的基础上，通过加权求和得到动态处理效应和平均处理效应。第二，插补估计量。Borusyak 等 (2021) 提出了一种插补估计量。通过比较未接受处理的样本所估算的不同处理组在不同时期的反事实结果与真实结果，得到处理组个体的处理效应，并对其加总以获取平均处理效应。第三，堆叠回归估计量。Cengiz 等 (2019) 构造了一种堆叠回归估计量。首先为处理组选择合适的控制组并组成一个数据集，再根据相对事件时间对该数据集进行堆叠和回归估计，从而避免“坏控制组”对传统双向固定效应模型估计量的干扰。





附录图 2 异质性稳健估计量检验

附录 3：其他稳健型检验的方法说明及估计结果

被解释变量滞后一期。在综合考察申报地的经济基础和前期低碳准备情况的基础上，中央政府确定低碳试点城市的最终名单。因此，城市上一期的环境福利绩效将在一定程度上影响低碳城市试点政策的实施情况。为了解决遗漏变量引发的内生性问题，本文将环境福利绩效的滞后一期加入基准回归模型中，估计结果见附录表 1 列（1）。上期的环境福利绩效对本期环境福利绩效的影响显著为正，并且低碳城市试点政策对环境福利绩效仍具有显著的提升作用，从而证明本文研究结论是稳健的。

排除城市特征随时间变动的影响。为了控制既影响低碳城市试点政策又影响环境福利绩效的因素随时间变动的影响，以减少估计偏误，本文将控制变量与年份哑变量的交互项引入基准回归模型。附录表 1 列（2）的结果表明，排除城市特征随时间变动的影响后，低碳城市试点政策对环境福利绩效仍具有显著的提升作用，从而证明本文研究结论是稳健的。

排除其他政策的影响。样本区间内推行的其他政策，尤其是基于地区层面的环境政策可能对估计结果产生影响。为此，本文搜集并整理了样本期间内基于地区层面的大型环境政策，包括 2013 年起实施的碳排放权交易试点政策和资源型城市可持续发展政策。附录表 1 列（3）～（4）的结果表明，排除其他政策的影响后，低碳城市试点政策对环境福利绩效仍具有显著的提升作用，从而证明本文研究结论是稳健的。

排除控制组选择偏误的影响。为了进一步克服样本选择的非随机性，缩小低碳试点城市与非低碳试点城市的系统性偏差，本文采用倾向得分匹配—双重差分（propensity score matching difference-in-differences, PSM-DID）方法予以检验，估计结果见附录表 1 列（5）。在 PSM-DID 方法下，低碳城市试点政策对环境福利绩效仍具有显著的提升作用，从而证明本文研究结论是稳健的。

附录表 1		其他稳健性检验			
变量	被解释变量滞后一期 (1)	排除城市特征的影响 (2)	排除其他政策的影响		排除控制组选择偏误的影响 (5)
			(3)	(4)	
<i>did</i>	0.1048*** (2.6712)	0.0926* (1.8397)	0.1162** (2.4955)	0.1268*** (2.7253)	0.1243*** (2.6305)
<i>L.ewp</i>	0.1926*** (5.0337)				
碳排放权交易试点政策			0.1412* (1.6855)		
资源型城市可持续发展政策				-0.0827 (-1.3486)	
常数项	3.2141*** (14.1897)	4.2348*** (20.6885)	4.0304*** (20.5971)	4.0716*** (21.3757)	4.1354*** (23.1583)
控制变量×年份	否	是	否	否	否
控制变量	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
样本量	3465	3696	3696	3696	3678
R ²	0.4102	0.3950	0.3664	0.3668	0.3551

附表 2		异质性分析		
变量	区域异质性	资源禀赋异质性	行政级别异质性	城市规模异质性
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>did × east</i>	0.1460** (2.5386)			
<i>did × middle</i>	0.0511 (0.7937)			
<i>did × west</i>	0.1835** (2.4083)			
<i>did × rescity</i>		0.1413 (1.5994)		
<i>did × non – rescity</i>		0.1313*** (2.8218)		
<i>did × highadm</i>			0.1654*** (3.1190)	
<i>did × lowadm</i>			0.1072* (1.6818)	
<i>did × sbigcity</i>				0.1913*** (3.3345)
<i>did × bigcity</i>				0.1267** (1.9838)
<i>did × midcity</i>				-0.9123 (-1.5055)
<i>did × smallcity</i>				-0.0269 (-0.5695)
常数项	4.0574*** (21.1015)	4.0511*** (21.0464)	4.0529*** (21.2357)	4.0678*** (21.4702)
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
样本量	3696	3696	3696	3696
R ²	0.3663	0.3661	0.3662	0.3685

附表 3SDM-DID 的直接效应和间接效应的估计结果

矩阵	效应	<i>did</i>	<i>consume</i>	<i>resource</i>	<i>urban</i>	<i>market</i>	<i>fdi</i>	<i>infras</i>
经济地理嵌套空间权重矩阵	直接效应	0.1162** (2.5761)	0.0094*** (4.9356)	-0.0129** (-2.3134)	0.0022 (0.8509)	-0.0052*** (-4.0124)	0.0409*** (6.8487)	0.0050** (2.4539)
	间接效应	0.4498** (2.2367)	-0.0137 (-1.0976)	-0.0113 (-0.3948)	-0.0087 (-0.5092)	0.0036 (0.5812)	-0.0702*** (-2.9843)	0.0150 (1.0546)
	总效应	0.5660*** (2.6975)	-0.0043 (-0.3494)	-0.0242 (-0.8360)	-0.0065 (-0.3751)	-0.0017 (-0.2625)	-0.0293 (-1.2302)	0.0200 (1.3804)
方言社会网络空间权重矩阵	直接效应	0.1447*** (3.1985)	0.0057*** (2.8773)	-0.0111** (-1.9749)	0.0017 (0.6280)	-0.0049*** (-3.7622)	0.0335*** (5.6145)	0.0044** (2.1706)
	间接效应	0.4653*** (2.8783)	0.0153*** (2.8550)	-0.0110 (-0.3880)	0.0078 (0.7620)	0.0162*** (3.2667)	-0.0076 (-0.4819)	0.0164** (2.0209)
	总效应	0.6099*** (3.4567)	0.0210*** (3.9517)	-0.0220 (-0.7534)	0.0094 (0.8786)	0.0112** (2.0954)	0.0258 (1.5358)	0.0209** (2.4536)

附件参考文献:

[1] 刘伟明, 喻煌, 贾立江, 单舜. 低碳城市建设提升了国民健康素养吗[J]. 当代财经, 2022 (11): 16-26.

[2] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952-2000[J]. 经济研究, 2004 (10): 35-44.

[3] Borusyak K, Jaravel X, Spiess J. Revisiting Event Study Designs: Robust and Efficient Estimation[R]. Working Paper, 2021.

[4] Cengiz D, Dube A, Lindner A, et al. The Effect of Minimum Wages on Low-Wage Jobs[J]. Quarterly Journal of Economics, 2019, 134(3): 1405-1454.

[5] Manafo E, Wong S. Health Literacy Programs for Older Adults: A Systematic Literature Review[J]. Health Education Research, 2012, 27(6): 947-960.

[6] Sun L, Abraham S. Estimating Dynamic Treatment Effects in Event Studies with Heterogeneous Treatment Effects[J]. Journal of Econometrics, 2021, 225(2): 175-199.

[7] Wolf M S, Gazmararian J A, Baker D W. Health Literacy and Functional Health Status Among Older Adults[J]. Archives of Internal Medicine, 2005, 165(17):1946-1952.

[8] World Health Organization. The World Health Report: 2000: Health Systems: Improving Performance[M]. Geneva: World Health Organization, 2000.