

资源型城市可持续发展政策对能源利用效率的影响

蒋鑫雨

(河北地质大学经济学院, 石家庄 050031)

摘要: 推动资源型城市的可持续发展,是深化区域协调发展、构建生态文明社会的重要任务。从投入、期望产出、非期望产出 3 个方面利用 SBM(slack-based measure)模型测算 2006—2021 年中国 282 个地级市的能源利用效率,并将《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020 年)》视为一项准自然试验,采用双重差分法考察可持续发展政策的实施对能源利用效率产生的影响效果。研究发现,可持续发展政策的实施对资源型城市的能源利用效率呈现显著的正向影响,且该结论经过一系列稳健性检验后仍成立。

关键词: 资源型城市; 能源利用效率; 双重差分法

中图分类号: X322; F299.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)08-0254-05

资源型城市是我国重要的能源资源战略保障基地,是国民经济持续健康发展的重要支撑。但随着资源的不断开采和经济的快速发展,资源型城市普遍面临着资源枯竭、生态恶化等问题^[1]。尤其是碳排放和能源消耗,已成为制约城市可持续发展的重要瓶颈。提高能源利用效率,不仅能有效缓解能源供需矛盾,还能改善城市的生态环境^[2]。因此,深入分析资源型城市可持续发展政策对能源利用效率的影响,具有重要的理论价值和现实意义。

1 文献综述

从目前国内专家、学者关于资源型城市研究来看,较侧重于通过丰富的数据分析影响资源型城市发展因素。曹清峰等^[3]基于中国 115 个资源型城市的面板数据,发现数字普惠金融显著提高了资源型城市的经济发展水平,且可以通过推动产业结构升级、促进创业、增强非国有经济三条途径实现。高志刚和丁梦雅^[4]通过对 113 个地级资源型城市的数据分析,认为数字经济能够通过降低碳排放量显著提高资源型城市经济高质量发展水平。向先迪和刘甜甜^[5]基于 2012—2021 年陕西省资源型城市的面板数据,利用基于松弛值测算(slack-based measure, SBM)的超效率模型测度绿色转型发展效率,并通过 Tobit 模型分析绿色转型发展效率影响因素,认为经济发展水平、城镇化水平均是影响各资源型城市绿色发展效率的正向影响因素。

此外,部分文献对影响能源利用效率的主要因素

进行探究。余升国等^[6]运用多期双重差分法分析自贸区的设立对能源利用效率影响效果,认为设立自由贸易试验区能显著提升该城市的绿色全要素能源效率,且对周边城市存在负向溢出效应。白东北和刘曦萌^[7]通过研究发现,绿色财政政策对提高能源利用效率具有积极作用,其效果在东部地区、中部地区、再生型资源城市、高节能潜力城市中更显著。李珊珊和马艳芹^[8]运用连续型双重差分等方法研究碳交易政策对能源利用效率影响机制,认为碳交易政策能促进试点城市能源利用效率,其效应随年份推移越来越显著。

现已有文献对资源型城市可持续发展政策的研究,较侧重其减排效应,缺乏对能源利用效率的影响分析,本文结合最新的统计资料和信息,实证检验资源型城市可持续发展政策对能源利用效率影响效果,拓宽了资源型城市可持续发展政策效应的分析角度,对促进资源型城市可持续发展具有重要的理论价值和现实意义。

2 研究方法与数据来源

2.1 模型构建

为研究资源型城市可持续发展政策对能源利用效率的影响,本文将《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020 年)》(以下简称《规划》)视为一次准自然实验,通过比较资源型城市和非资源型城市则可估计此《规划》产生的政策效果^[9]。双重差分法主要用于评价某一事件或政策的影响程度,在政策效应评估领域得到广泛应用^[10]。基于双重差分

收稿日期: 2024-10-28

作者简介: 蒋鑫雨(2000—),女,河北唐山人,硕士研究生,研究方向为大数据分析。

模型,设定的基准回归模型为

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 did_{it} + \sum_{j=1}^N \beta_j X_{it} + \alpha_i + \lambda_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

式中: Y_{it} 为能源利用效率; did_{it} 为《规划》的实施时间与是否为资源型城市的交叉项; X_{it} 为其他控制变量; α_i 和 λ_t 分别为年份固定效应和时间固定效应; ϵ_{it} 为随机扰动项。

2.2 变量说明

2.2.1 被解释变量

能源利用效率是衡量能源消耗水平和有效利用程度的重要指标。从考虑资本、劳动等生产要素之间的相互替代和生产过程中的结构变化方面出发,利用绿色全要素能源效率反映能源利用效果^[11],其测算的指标体系如表 1 所示。由表 1 可知,选取劳动力、资本、能源作为投入,分别采用从业人员数、固定资本存量和能源消耗总量来衡量;地区生产总值为期望产出;工业二氧化硫排放量、工业烟粉尘排放量和工业废水排放量为非期望产出,利用超效率 SBM 模型进行测算。

表 1 全要素能源利用效率指标体系

类别	一级指标	具体指标	单位
投入	劳动投入	从业人员数	万人
	资本投入	固定资本存量	万元
	能源投入	能源消耗总量	万吨标准煤
期望产出	经济效益	地区生产总值	万元
非期望产出	环境污染	工业二氧化硫排放量	万 t
		工业烟粉尘排放量	万 t
		工业废水排放量	万 t

2.2.2 核心解释变量

核心解释变量 did 是《规划》实施时间与是否为资源型城市的交叉项。由于《规划》的实施时间为 2013 年,因此当城市为资源型城市且时间在 2013 年及以后时,核心解释变量的取值为 1,否则为 0。

2.2.3 控制变量

借鉴已有研究,选取以下控制变量:人口密度(PD)、人均地区生产总值(DEP)、产业结构(INS)、对外开放水平(OPEN)、政府干预程度(GOV)、互联网普及率(INT)、申请专利数(PAN)、环境规制(EN)。其中,人口密度用单位行政规划拥有的人口数表示,产业结构用第三产业增加值占地区生产总值比例表示,对外开放水平用当年实际使用外资金额占地区生产总值比例表示,政府干预程度用地方财政一般预算内支出占地区生产总值比重表示,互联网普及率用国际互联网用户数占常住人口比例表示,申请专利数用当年申请专利数表示,环境规

制用一般工业固体废物综合利用率表示。

2.3 数据来源

选取中国 282 个地级市作为研究对象,其中包含 114 座资源型城市和 168 座非资源型城市。数据来源于 2006—2021 年《中国城市统计年鉴》和各省统计年鉴,对于部分缺失数据采用线性插值法处理^[12],各变量描述性统计结果如表 2 所示。

表 2 各指标描述性统计

变量	均值	标准差	极小值	极大值
Y	0.317 8	0.128 4	0.021 4	1.177 0
PD	433.67	337.71	5.00	2 648
DEP	45 897.21	33 431.75	2 767.00	467 749
INS	0.403 9	0.101 3	0.085 8	0.838 7
OPEN	0.017 7	0.018 9	0.000 0	0.198 8
GOV	0.184 8	0.102 2	0.042 6	1.485 2
INT	2.270 0	11.830 0	0.000 0	355.180 0
PAN	6 074.59	16 222.35	0.00	239 892
EN	79.30	23.30	0.24	184.80

3 实证分析

3.1 平行趋势检验

运用双重差分法的重要前提是通过平行趋势检验。本文需要验证资源型城市和非资源型城市在可持续发展政策实施前能源利用效率保持相对一致的变化趋势,即没有显著差异^[13]。基于此,对实验组和对照组进行平行趋势检验。

如图 1 所示,在可持续发展政策实施前,实验组和对照组的差异均不显著,即对照组和实验组的能源利用效率并不存在显著差异。而在“current 期”,绿色全要素能源效率呈现正向变化,这说明在可持续发展政策实施后,资源型城市的能源利用效率呈现明显的上升趋势。由此可见,可持续发展政策对资源型城市的能源利用效率发挥了正向积极作用。综上,模型通过了平行趋势检验。

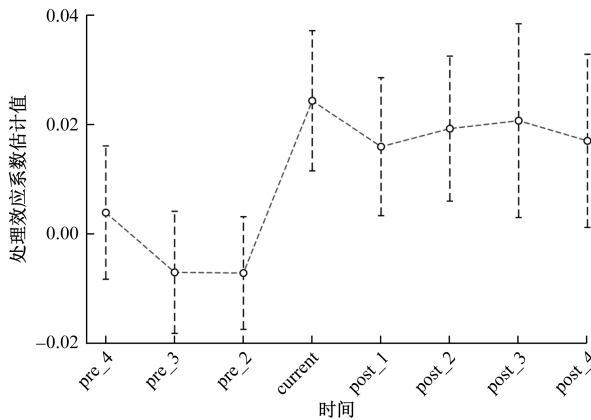


图 1 平行趋势检验

3.2 基准回归结果

如表 3 所示,模型(1)和模型(2)分别为在不加入控制变量的基础上未固定和固定时间、城市的固定效应模型,模型(3)和模型(4)分别为在加入控制变量的基础上未固定和固定时间、城市的固定效应模型。

表 3 基准回归

变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
did	0.008 3**	0.013 7*	0.006 9**	0.024 0***
PD			0.000 04***	-0.000 02
DEP			1.38×10^{-6} ***	1.06×10^{-6} ***
INS			0.121 1	-0.055 3
OPEN			-0.674 0***	-0.084 7
GOV			-0.014 8	-0.013 5
INT			0.000 02	-0.000 06
PAN			4.25×10^{-9}	2.24×10^{-7}
EN			0.000 4***	-0.000 07
常数项	0.303 9***	0.302 7***	0.202 0***	0.289 9***
时间固定	否	是	否	是
城市固定	否	是	否	是
观测值	4 159	4 159	4 159	4 159
R ²	0.001 2	0.779 8	0.261 4	0.794 1

注:*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著。

根据回归结果可知,模型(1)中《规划》的实施能显著提高资源型城市的能源利用效率,且通过 5%的显著性水平检验。模型(2)是在模型(1)的基础上固定年份和固定城市的双向固定效应模型,核心解释变量的系数为 0.013 7,说明在政策实施后,资源型城市的绿色全要素能源效率在 10%的水平下呈现上升的效果。模型(3)是在模型(1)的基础上加入人口密度、人均地区生产总值、产业结构、对外开放水平、政府干预程度、互联网普及率、申请专利数和环境规制 8 个控制变量,回归结果说明在政策实施后资源型城市的能源利用效率在 5%的水平下得到显著提高。另外,在控制变量中,人口密度、人均地区生产总值、对外开放水平和环境规制均通过了 1%的显著性检验。可能是因为人口密度高的地区,居民的生活条件和企业的环保意识一般也较高,因而采取一些节能措施,从而有效提高了能源利用效率。除此之外,一般工业固体废物综合利用率提高,说明大量的回收资源重新进入生产流程,进而减少了对新的原材料的需求。模型(4)是在模型(3)的基础上固定时间和城市的双向固定效应模型,结果显示在《规划》实施后,资源型城市的能源利用效率得到有效提高,且通过 1%的显著性水平检验。而且控制变量中人均地区生产总值的系数显著为正,可能是由于随着经济水平的增长,国家和企业将更多的资金投入 to 技术研发中,推动能源

技术的创新和升级,从而提高了能源的利用效率。

3.3 安慰剂检验

安慰剂检验是通过随机分配政策时点,从而规避其他不可观测因素对研究结果产生影响。如果资源型城市能源利用效率的提高是由可持续发展政策引起的,那么随机生成的样本中不应体现显著影响^[14]。在《规划》实施后随机选择选择实验组,对绿色全要素能源效率进行 500 次回归,结果如图 2 所示。由图 2 可知,随机样本的随机抽样系数位于 0 附近,且呈正态分布。另外,绿色全要素能源效率的基准回归系数偏离该分布。由此可见,资源型城市绿色全要素能源效率的提高并不是不可观测因素引起的,基准回归结果稳健。

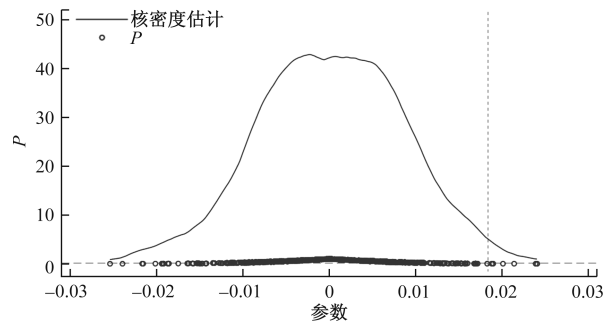


图 2 安慰剂检验

3.4 稳健性检验

为避免遗漏变量等其他因素对回归结果产生的影响,做出如下检验,结果如表 4 所示。为降低样本选择性偏差对结果产生的影响,利用倾向得分匹配-双重差分(propensity score matching with difference-in-difference, PSM-DID)方法进行稳健性检验^[15]。首先,将是否为资源型城市看作因变量,控制变量看作协变量,利用最近邻匹配将与资源型城市最匹配的城市作为对照组,再对匹配的组别进行回归,结果如表 4 所示。由估计结果可知,《规划》的仍系数显著为正,说明基准回归结果是稳健的。

为应对政策效应对时间的敏感程度,利用改变时间区间来观察,结果如表 4 所示。本次以《规划》实施时间为参照节点,选取前后两年、三年、四年来进行双重差分模型的估计,若检验的结果无显著性改变,则说明回归的结果是稳健的。由表 4 可知,改变时间窗宽后,核心解释变量的系数仍显著为正,表示可持续发展政策的实施对能源利用效率的提高是有帮助的。另外,交叉项系数随时间延长而增加,说明随着《规划》实施时间的增加,可持续发展政策对能源利用效率的提高效果越显著。

表 4 稳健性检验结果

变量	PSM-DID	改变时间窗宽		
		两年	三年	四年
did	0.023 5***	0.012 4**	0.016 7**	0.018 2**
PD	4.90×10^{-6}	0.000 03	-0.000 02	-0.000 01
DEP	1.05×10^{-6} ***	4.11×10^{-7}	7.69×10^{-7} **	9.22×10^{-7} ***
INS	-0.065 1	-0.141 1**	-0.150 1**	-0.099 4*
OPEN	-0.140 2	0.197 7*	0.241 0*	0.195 1
GOV	-0.018 5	-0.144 9*	-0.077 1**	-0.081 4**
INT	-0.000 1	-0.011 2	-0.001 6	-0.017 4
PAN	-1.89×10^{-7}	7.0×10^{-7} **	4.42×10^{-7}	2.92×10^{-7}
EN	-0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1
常数项	0.286 7***	0.335 9***	0.337 0***	0.314 2***
时间固定	是	是	是	是
城市固定	是	是	是	是
观测值	4 004	1 314	1 843	2 371
R ²	0.787 2	0.920 3	0.877 7	0.850 0

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

4 结论与建议

4.1 结论

本文以 2006—2021 年中国 282 个地级市为研究对象,通过构建包括投入、期望产出和非期望产出 3 个方面的指标体系,对各城市的绿色全要素能源效率进行测度,并利用 DID 模型估计《规划》的实施对能源利用效率的影响效果。可以得到如下结论,可持续发展政策的实施对绿色全要素能源利用效率有极大的促进作用,且通过了显著性检验。另外,为检验估计结果的稳健性,采用倾向得分双重差分法和改变时间窗宽两种方法进行检验,结果显示,《规划》的实施对资源型城市的能源利用效率的影响仍是显著为正的。推动资源型城市可持续发展对实现地区协调发展和保护生态环境具有重要意义。

4.2 建议

4.2.1 提升居民节能意识,合理规划城市空间

首先,加强对居民的节能宣传教育,通过举办节能知识讲座、发放节能宣传资料等方式,普及节能知识和技能,引导居民养成良好的节能习惯,提高居民的节能意识和参与度。另外,根据人口密度分布,合理规划城市功能区域,避免高人口密度区域的过度集中,以减少能源传输和分配过程中的损失^[16]。除此之外,加强城市公共交通系统建设,提高公共交通的覆盖率和便捷性,鼓励居民绿色出行,从而降低交通领域的能源消耗。

4.2.2 调整产业结构,发展低碳产业

加大在能源开采、加工、利用等环节的科技研发投入,通过技术改造和产业升级,提高传统产业

的能源利用效率,减少能源消耗和污染物排放。同时,加大对战略性新兴产业的政策扶持力度,通过加强科技研发和创新成果转化,培育战略性新兴产业的核心技术和创新能力,如新能源、新材料、节能环保等低碳产业,形成自主知识产权和核心竞争力^[17]。

4.2.3 加强国际交流合作,提高能源产业竞争力

首先,积极参与国际能源合作与交流,引进国外先进的能源管理理念和技术,提升本地能源利用效率,促进外资与本地产业融合发展。此外,积极参与国际能源交易市场,了解国际能源价格动态,利用国际市场需求,推动本地能源产品的出口,提高能源产业的附加值和市场竞争能力^[18]。

4.2.4 完善节能减排政策,推动绿色生产

首先,倡导绿色消费观念,根据资源型城市的实际情况,制定更加严格的节能减排政策。通过政策引导和市场机制,推广节能减排技术和产品,降低企业和个人的能源消耗和排放。其次,建立健全的固体废物分类收集、运输、处置体系,明确各类固废的分类标准和处置要求。加强对固体废物资源化技术的研发和推广,将固体废物转化为可再利用的资源或能源^[19]。另外,鼓励和支持企业建设固体废物资源化利用项目,利用先进的固体废物处理技术,提高固废的综合利用率。

参考文献

[1] 赵志国,张宏怡. 政企合作,走出资源型城市转型发展新路径[N]. 平顶山日报, 2024-07-04(001).

[2] 唐浩,佟孟华. 大气治理政策与资源型城市碳减排:基于《大气污染防治行动计划》的视角[J]. 环境科学研究, 2024, 37(6): 1169-1180.

[3] 曹清峰,贾俊磊,冯锦泽. 数字普惠金融对资源型城市经济发展的影响及机制[J]. 学习与实践, 2024(5): 66-77.

[4] 高志刚,丁梦雅. 数字经济、碳排放强度与资源型城市高质量发展[J]. 甘肃社会科学, 2024(2): 184-195.

[5] 向先迪,刘甜甜. 基于 SBM 模型和 Tobit 模型的资源型城市绿色发展效率与影响因素研究:以陕西省为例[J]. 中国矿业, 2024, 33(3): 34-42.

[6] 余升国,张雨桐,李雅,等. 自贸试验区对于城市能源利用效率的影响——基于中国地级市的准自然实验[J/OL]. 海南大学学报(人文社会科学版), 1-10[2024-10-11]. <https://doi.org/10.15886/j.cnki.hnns.202409.0156>.

[7] 白东北,刘曦萌. 绿色财政政策能提高能源利用效率吗——来自“节能减排财政政策综合示范城市”的证据[J/OL]. 当代财经, 1-16[2024-10-11]. <https://doi.org/10.13676/j.cnki.cn36-1030/f.20241022.003>.

[8] 李珊珊,马艳芹. 碳交易政策对城市能源利用效率的影

- 响及机制[J]. 工业技术经济, 2024, 43(8): 90-99.
- [9] 郑贺允, 葛力铭. 资源型城市可持续发展对碳排放的影响研究——基于资源依赖的视角[J]. 中国环境科学, 2022, 42(6): 2955-2964.
- [10] 赵辰雨. 《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)》的实施对工业企业绩效的影响效应研究[D]. 成都: 西南财经大学, 2023.
- [11] 王海荣, 王永峰, 江雷, 等. 黄河流域能源绿色利用效率测度及时空演变分析[J]. 中国矿业, 2023, 32(10): 71-79.
- [12] 洪竞科, 郑琪, 刘炳胜. 国家可持续发展实验区能否促进社会公平? ——基于多时点双重差分模型的政策效应评估[J]. 财经问题研究, 2023(11): 15-30.
- [13] 杨璐. 知识产权对资源型地区企业“造血功能”的影响研究——来自我国地级资源型城市上市公司的实验证据[J]. 财务管理研究, 2024(1): 94-101.
- [14] 王睿远. 《全国资源型城市可持续发展规划》对能耗强度的影响[D]. 合肥: 湖北师范大学, 2023.
- [15] 薛璐瑶. 黄河流域资源型城市可持续发展政策效应分析[D]. 太原: 山西财经大学, 2023.
- [16] 李娜, 赵康杰, 景普秋. 地方品质与资源型城市产业结构转型——基于人口集聚的视角[J]. 城市问题, 2023(4): 55-67.
- [17] 周宏浩, 谷国锋. 资源型城市可持续发展政策的污染减排效应评估——基于PSM-DID自然实验的证据[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(10): 50-57.
- [18] 王洁茹. 煤炭资源税改革、产业结构升级与黄河流域资源型城市绿色发展研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古财经大学, 2024.
- [19] 任领志, 伊宁, 李志英, 等. 节能减排政策目标协同对黄河流域资源型城市生态效率的影响研究[J/OL]. 华北水利水电大学学报(社会科学版), 1-12[2024-07-06]. <http://111.229.208.102:8085/kcms/detail/41.1429.C.20240426.1710.002.html>.

Impact of Sustainable Development Policies on Energy Efficiency in Resource-based Cities

JIANG Xinyu

(School of Economics, Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: Promoting the sustainable development of resource-based cities is an important task for deepening regional coordinated development and building an ecological civilization society. The SBM model was used to calculate the energy utilization efficiency of 282 prefecture level cities in China from 2006 to 2021 from three aspects, such as input, expected output and unexpected output. The *National Resource based City Sustainable Development Plan* (2013—2020) is regarded as a quasi natural experiment, and the impact of sustainable development policies on energy utilization efficiency is examined using the difference in differences method. It is found that the implementation of sustainable development policies has a significant positive impact on the energy efficiency of resource-based cities, and this conclusion still holds true after a series of robustness tests.

Keywords: resource-based cities; energy utilization efficiency; double difference method