

“一带一路”背景下清洁能源技术创新对能源贫困的作用机制研究

杨梦园

江苏大学，财经学院，江苏 镇江

收稿日期：2024年1月22日；录用日期：2024年3月11日；发布日期：2024年5月7日

摘要

创新能力的提升是促进可持续发展的关键驱动力之一，也是“一带一路”倡议的重要合作领域。能源贫困作为各国在能源领域面临的重要挑战，阻碍了全球节能减排的发展，而技术创新是解决能源贫困问题的重要举措。因此，为了研究“一带一路”背景下，清洁能源技术创新对能源贫困的影响，本文评估了中国能源贫困综合指数，采用双固定效应面板模型对中国30个省份的清洁能源技术创新对能源贫困的影响及作用机制进行检验。结果显示，清洁能源技术创新可以显著缓解能源贫困，且能源效率在清洁能源技术创新和能源贫困之间起着重要的中介作用。基于此，我们提出了缓解能源贫困和提高能源效率的相关政策。

关键词

清洁能源，技术创新，能源贫困，双固定效应面板模型

Research on the Mechanism of Clean Energy Technology Innovation on Energy Poverty under the Background of “The Belt and Road”

Mengyuan Yang

School of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Jan. 22nd, 2024; accepted: Mar. 11th, 2024; published: May 7th, 2024

Abstract

The improvement of innovation ability is one of the key driving forces to promote sustainable de-

velopment, and it is also an important cooperation area of the “Belt and Road” initiative. As an important challenge faced by all countries in the energy field, energy poverty has hindered the development of global energy conservation and emission reduction, and technological innovation is an important measure to solve the problem of energy poverty. Therefore, in order to study the impact of clean energy technology innovation on energy poverty under the background of “The Belt and Road”, this paper evaluates the comprehensive index of China’s energy poverty, and uses the double fixed effect panel model to test the impact and mechanism of clean energy technology innovation on energy poverty in 30 provinces of China. The results show that clean energy technology innovation can significantly alleviate energy poverty, and energy efficiency plays an important mediating role between clean energy technology innovation and energy poverty. Based on this, we put forward relevant policies to alleviate energy poverty and improve energy efficiency.

Keywords

Clean Energy, Technological Innovation, Energy Poverty, Double Fixed Effect Panel Model

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“一带一路”是我国提出的一项旨在促进与亚洲、欧洲和非洲等各地区经济合作，实现互利共赢、共同繁荣发展的国际合作倡议。而创新在“一带一路”倡议中具有重要的意义[1]。“一带一路”平台的搭建，有效地促进了各地区间信息交流、技术共享和合作创新。同时，能源贫困作为全世界共同面临的难题，正受到越来越多人的关注。国际能源机构(IEA)将能源贫困定义为缺乏清洁能源和清洁能源设备，并且严重依赖高污染的传统固体生物质能源。国际能源署的相关数据显示，全球有 12.6 亿人无法正常使用电力资源，26.4 亿人依附传统生物质能，其中经济欠发达的亚洲和非洲地区的用能短缺问题尤为严重[2]。能源贫困不仅影响着居民的健康和生活方式，而且制约着经济和社会的发展。

作为世界上最大的发展中国家，中国经济这些年取得了快速增长，已经成为世界第二大经济体。尽管中国已于 2015 年底完全解决了居民用电量问题，但复杂而严重的能源贫困问题依然存在[3]。中国城市居民人均年生活用能年均增长速度为 5%，农村人均年生活用能年均增长为 11% [4]。同时，中西部地区煤炭等化石能源储备丰富，但是存在分布不均匀、人均能源拥有量低等问题。

目前，我国用能需求日益增长和能源短缺矛盾日益突出，而清洁能源的开发利用为促进现代能源的发展和解决能源贫困提供了巨大的机遇。与此同时，随着“一带一路”的发展，中国能源技术得到了迅速的提升。清洁能源作为高污染高排放能源的替代品，是解决能源问题的重要途径之一。一方面，清洁能源领域的技术创新，可以通过降低能源消费成本和提供充足的清洁能源燃料供应，进行能源结构转型升级，用清洁能源逐步取代传统能源，减少二氧化碳排放，实现节能减排。另一方面，加强清洁能源的利用，对于保障能源安全，促进绿色经济发展具有重要意义。因此，“一带一路”建设有效地助力了技术创新对我国能源贫困的缓解。

2. 理论机制分析

国际能源机构认为能源效率的提高是满足基本能源需求最便宜和最清洁的方法。与此同时，Zhao *et al.* (2022)通过实证分析，证实了提高能源效率，可以通过加强技术进步、改变生活方式、提高管理效率，降

低单位产值能耗，有效避免有限资源的浪费，对消除能源贫困具有重大促进作用[5]。因此，清洁能源技术的创新可以促进清洁能源基础设施的发展，并从以下两个方面促进能源效率提升：一方面，效率低下的传统生物质能会使居民陷入能源贫困，而清洁能源技术创新可以通过提高燃料的利用效率，减少能源使用量，从而产生节能效应，提升居民福利，减轻能源消费负担，降低居民对能源的需求。另一方面，清洁能源基础设施的发展，缩短了能源的运输环节，同时，清洁能源技术的创新降低了企业的生产成本。这有效地降低了能源的市场价格，减少了居民花费在能用上的资金，达到实现能源减贫的效果。此外，提高清洁能源的使用量，可以取代部分化石能源的消耗量，有效降低以煤为燃料的燃烧排放，缓解因日益增长的能源消耗和不合理的能源消费结构而加剧的空气污染问题。因此，促进清洁能源的创新发展，不仅可以有效缓解能源贫困问题，也是降低污染排放的有效途径。

3. 模型构建与数据说明

3.1. 基准回归模型

为验证假设清洁能源技术创新能否缓解能源贫困，设定如下双向固定效应面板数据模型讨论清洁能源技术创新对能源贫困的影响：

$$\ln EP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 CET_{it} + \alpha_c X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

其中，被解释变量 EP_{it} 表示省 i 第 t 年能源贫困状况，核心解释变量 CET_{it} 为省 i 第 t 年的清洁能源技术创新水平， α_1 表示清洁能源技术创新对能源贫困的影响， X_{it} 表示控制变量， μ_i 表示省 i 不随时间变化的个体固定效应， δ_t 表示控制时间固定效应， ε_{it} 表示随机扰动项。

为验证清洁能源技术创新对于能源贫困可能存在的作用机制，借鉴温忠麟和叶宝娟的做法[6]，对能源效率是否为其中介变量进行检验。

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 CET_{it} + \beta_c X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

$$\ln EP_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 CET_{it} + \gamma_2 EI_{it} + \gamma_c X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

其中， M_{it} 为中介变量，包括省 i 第 t 年的能源效率情况。

3.2. 指标说明

3.2.1. 被解释变量

本文参考 Dong *et al.* (2021) [7] 和 Zhao *et al.* (2021) [8] 的研究，建立了由能源服务可得性、能源消耗清洁度、能源管理完整性、家庭能源可承受性和能源效率组成的省级能源贫困综合指数。

3.2.2. 解释变量

参考鄢哲明(2017)的专利分类方法[9]，以万人授权专利引用次数作为衡量清洁能源技术创新的指标，数据来源于 incopat 专利数据库。

3.2.3. 控制变量

经济发展水平(gdp)。选取各省的人均 GDP 来衡量并取对数。城市化(urb)。选取城镇常住人口与总人口的比重来衡量并取对数。受教育水平(edu)。选取居民平均受教育年限和总人口的比值来衡量并取对数。城市道路面积(road)。选取城市人均道路面积并取对数。产业结构(ISR)。选取第二产业产值与第三产业产值的比重来衡量并取对数。以上各控制变量原始数据均来自《中国统计年鉴》。

3.2.4. 机制变量

能源效率(ei)，使用能源强度的倒数来评估能源效率。

4. 实证结果分析

4.1. 基准回归结果分析

基准回归结果见表 1，第 1 列为未加入控制变量并且控制了年份和地区的双向固定效应回归，第 2 列为加入控制变量并且控制了年份和地区的双向固定效应回归。结果发现，仅控制固效应，无论是否加入控制变量，清洁能源技术采用的系数均显著为负，说明清洁能源技术采用能够显著抑制能源贫困的发生。这与 Hong (2022) 等人的研究结果一致，清洁能源技术创新是缓解能源贫困的有效手段[10]。说明清洁能源的发展和普及，一方面，增加了能源供给量，为居民的能源使用提供了更多的选择，居民得以使用更加环保节能的燃料。同时，满足了不同家庭的用能需求，降低了传统化石能源的使用，达到能源减贫的效果，另一方面，清洁能源的发展可以有效降低能源生产成本，扩大清洁能源的供应，并最终缓解家庭的能源贫困。

Table 1. Basic regression results

表 1. 基准回归

| 变量 | (1) | (2) |
|-------------------|-----------------------|----------------------|
| cet | -0.080*** (-6.00) | -0.070*** (-4.82) |
| Control variables | Yes | Yes |
| Control_pro | Yes | Yes |
| Control_year | Yes | Yes |
| Constant | -1.011*** (-26.22) | -0.319 (0.60) |
| Observations | 480 | 480 |
| R-squared | 0.910 | 0.916 |

Note: Robust t-statistics in parentheses; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

4.2. 中介回归结果分析

为了研究清洁能源技术创新与能源贫困之间的内在影响机制，本文利用逐步回归法进一步检验了清洁能源技术创新能否通过提升能源效率缓解能源贫困，结果见表 2。第 2 列清洁能源技术创新的系数为 0.102，且在 1% 水平上显著，说明说明清洁能源技术创新对能源效率具有正向促进作用。第 3 列显示，清洁能源技术创新对能源贫困的回归系数为 -0.056，且在 1% 水平上显著，能源效率的系数为 -0.137，在 1% 水平上显著，说明清洁能源技术创新可以通过提高能源效率缓解能源贫困。

4.3. 分位数回归

本文进一步探究在不同的能源贫困水平上，清洁能源技术创新对能源贫困的影响是否存在差异，设置 10th、25th、50th、75th 和 90th 5 个分位数指数，来评估清洁能源技术创新对不同能源贫困程度地区的缓解效果。结果见表 3，清洁能源技术创新只有在 10th、25th 和 50th 分位数可以显著缓解能源贫困，也就是说，清洁能源技术创新只能够缓解中低能源贫困地区的能源问题，而对高能源贫困地区的能源问题不能达到预期效果。可能的原因是，低能源贫困地区集中在东部沿海地区，较高的经济发展水平更有利于清洁能源技术创新，而高能源贫困地区主要集中在煤炭资源丰富的中西部地区，当地更加依赖传统能源，不能放大清洁能源的能源减贫效果。

Table 2. Mechanism analysis results
表 2. 中介检验

| 变量 | (1) | (2) | (3) |
|-------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| | ep | ei | ep |
| cet | -0.0696*** (-4.82) | 0.102*** (7.63) | -0.056*** (-3.64) |
| ei | | | -0.137*** (-2.63) |
| Control variables | Yes | Yes | Yes |
| Control_pro | Yes | Yes | Yes |
| Control_year | Yes | Yes | Yes |
| Constant | -0.319 (-0.60) | -0.802 (-1.62) | -0.429 (-0.80) |
| Observations | 480 | 480 | 480 |
| R-squared | 0.915 | 0.979 | 0.917 |

Note: Robust t-statistics in parentheses; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Table 3. Quantile regression result
表 3. 分位数回归

| 变量 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | 10th | 25th | 50th | 75th | 90th |
| cet | -0.073*** (-3.44) | -0.070*** (-3.61) | -0.072*** (-3.48) | -0.031 (-0.96) | -0.009 (-0.25) |
| Control variables | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Control_pro | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Control_year | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Constant | 1.183 (1.55) | 0.943 (1.27) | 0.251 (0.31) | -0.648 (-0.72) | -0.897 (-1.07) |
| Observations | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| R-squared | 0.784 | 0.756 | 0.741 | 0.728 | 0.732 |

Note: Robust t-statistics in parentheses; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

4.4. 稳健性检验

为了验证回归结果的稳健性，本文采用增加控制变量和剔除直辖市影响的方法进一步进行检验，结果见表 4。第 1 列结果显示，增加了控制变量对外开放程度之后，核心解释变量的估计结果与基准回归相比在影响方向上并未发生改变，仅在显著性水平大小上有所变动，这验证了基准回归结果的稳健性。第 2 列结果显示，在从总样本中剔除了北京、天津、上海和重庆四个直辖市的数据再进行回归，结果仍然稳健。

Table 4. Robustness test results
表 4. 稳健性检验

| 变量 | (1) | (2) |
|-------------------|--------------------|---------------------|
| cet | -0.070* (-4.74) | -0.064** (-4.39) |
| Control variables | Yes | Yes |
| Control_pro | Yes | Yes |
| Control_year | Yes | Yes |
| Constant | -0.319 (-0.59) | -0.451 (-0.84) |
| Observations | 480 | 416 |
| R-squared | 0.916 | 0.915 |

Note: Robust t-statistics in parentheses; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

5. 结论与政策建议

5.1. 研究结论

为了探究在“一带一路”建设背景下，清洁能源技术创新与能源贫困的关系，本文使用 2004~2019 年面板数据，首先测算了能源贫困综合指数，然后估计了清洁能源技术创新对能源贫困的影响。同时，讨论了能源效率在清洁能源技术创新缓解能源贫困过程中存在的中介作用。主要研究结果如下：

双向固定回归分析表明，清洁能源技术创新可以显著缓解我国的能源贫困，也就是说，促进清洁能源技术创新的发展是缓解能源贫困的有效措施。中介分析显示，中国清洁能源技术创新的不断发展，不仅直接缓解了能源贫困，还通过提高能源效率对能源贫困的缓解产生间接促进作用。分位数回归显示，清洁能源技术创新与不同分位数的能源贫困呈非对称性相关，只有在中低分位数上，清洁能源技术创新才能有效促进能源减贫。

5.2. 政策建议

基于以上分析结果，本文提出以下政策建议。

首先，清洁能源技术创新可以有效缓解能源贫困。因此，政府可以促进企业进行清洁能源技术创新，各地区加快清洁能源技术的发展。鼓励企业与“一带一路”沿线各国进行合作创新，搭建清洁能源研究平台。其次，能源效率在清洁能源技术创新缓解能源贫困的过程中起着中介作用。各地可以将能效作为缓解能源贫困的有力政策工具，关注清洁能源的高效利用，例如，鼓励家庭使用太阳能、天然气等清洁能源。最后，清洁能源技术创新对不同分位数上的能源贫困有不同的影响。政府在采取能源减贫政策时要因地制宜，考虑各地在能源禀赋和经济发展方面的显著差异，在中低能源贫困地区，可以放大清洁能源技术创新对能源贫困的缓解作用；在高能源贫困地区，完善当地能源基础设施，促进更加清洁高效能源的发展。

5.3. 研究不足与展望

本文主要对清洁能源技术创新对能源贫困的影响展开研究，在未来的研究中，我们可以纳入更多的数据，从清洁能源技术扩散方面进一步进行探讨，深入研究专利引用带来的能源减贫效应。

参考文献

- [1] 赵甜, 曹守新. “一带一路”倡议对中国企业创新效率的影响研究[J]. 国际贸易, 2023(12): 61-71.
<https://doi.org/10.14114/j.cnki.itrade.2023.12.008>
- [2] 蔡海亚, 赵永亮, 徐盈之. 中国能源贫困的时空演变格局及其影响因素分析[J]. 软科学, 2021, 35(4): 28-33+42.
<https://doi.org/10.13956/j.ss.1001-8409.2021.04.05>
- [3] Hong, X., Wu, S. and Zhang, X. (2022) Clean Energy Powers Energy Poverty Alleviation: Evidence from Chinese Micro-Survey Data. *Technological Forecasting and Social Change*, **182**, Article ID: 121737.
- [4] 仇焕广, 严健标, 江颖, 等. 中国农村可再生能源消费现状及影响因素分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2015, 17(3): 10-15. <https://doi.org/10.15918/j.jbitss1009-3370.2015.0302>
- [5] Zhao, J., Dong, K., Dong, X., et al. (2022) How Renewable Energy Alleviate Energy Poverty? A Global Analysis. *Renewable Energy*, **186**, 299-311.
- [6] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 731-745.
- [7] Dong, K., Dou, Y. and Jiang, Q. (2022) Income Inequality, Energy Poverty, and Energy Efficiency: Who Cause Who and How? *Technological Forecasting and Social Change*, **179**, Article ID: 121622.
- [8] Zhao, J., Jiang, Q., Dong, X., et al. (2021) Assessing Energy Poverty and Its Effect on CO₂ Emissions: The Case of China. *Energy Economics*, **97**, Article ID: 105191.
- [9] 鄢哲明, 邓晓兰, 杨志明. 异质性技术创新对碳强度的影响——基于全球专利数据[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2017, 19(1): 20-27.
- [10] Hong, X.D., Wu, S.N. and Zhang, X.L. (2022) Clean Energy Powers Energy Poverty Alleviation: Evidence from Chinese Micro-Survey Data. *Technological Forecasting and Social Change*, **182**, Article ID: 121737.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121737>