

“一带一路”沿线国家碳排放：外商直接投资与发展要素的共同影响分析

昌敦虎^{1*}, 缪琪¹, 原佳倩¹, 陶子怡¹, 董战峰², 白雨鑫^{1*}

1. 中国人民大学环境学院, 北京 100872

2. 生态环境部环境规划院, 北京 100012

摘要: “一带一路”倡议下, 推动绿色低碳发展, 共建碳达峰、碳中和目标下国际合作共赢的生态圈, 已经成为“一带一路”沿线国家的共识。本文基于“一带一路”沿线国家1997—2018年的面板数据, 通过逐步回归、异质性分析和门槛回归方法探究外商直接投资(FDI)的碳排放效应。结果显示: ①“一带一路”沿线国家FDI显著增加碳排放, 体现出“污染天堂”效应。②我国提出的“一带一路”倡议注重绿色低碳发展, 削弱了“一带一路”沿线国家FDI对碳排放的“污染天堂”效应, 体现出我国在环境治理特别是应对气候变化方面发挥的引领示范作用。③经济发展可削弱FDI对碳排放的“污染天堂”效应, 然而经济快速发展特别是工业发展可显著增加碳排放。④政策、创新和发展三类机制均导致FDI的碳排放效应发生显著变化, 其中发展机制影响最大, 创新机制的碳减排效果相对稳定。⑤强化环境规制促进了FDI的“污染光环”效应, “一带一路”倡议则推动“一带一路”沿线各国加强了环境规制。研究显示, 为促进“污染光环”效应形成, 应深化绿色“一带一路”, 利用来自中国投资的低碳化特征, 增加与中国的投资往来并提高负有环境责任FDI的比例。“一带一路”沿线各国也应加强绿色低碳科技创新, 在此基础上协同政策、创新和发展三类机制, 引导FDI投向绿色低碳领域。此外, 还应综合运用环境准入机制和环境经济手段, 实现高质量发展。

关键词: “一带一路”倡议; 外商直接投资; 碳排放; “污染天堂”效应; “污染光环”效应

中图分类号: X196

文章编号: 1001-6929(2022)07-1556-08

文献标志码: A

DOI: 10.13198/j.issn.1001-6929.2022.04.08

Carbon Emissions by ‘the Belt and Road’ Countries: Impacts of Foreign Direct Investment and Development Factors

CHANG Dunhu^{1*}, MIAO Qi¹, YUAN Jiaqian¹, TAO Ziyi¹, DONG Zhanfeng², BAI Yuxin^{1*}

1. School of Environment & Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China

2. Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012, China

Abstract: With ‘the Belt and Road’ Initiative, the consensus among the countries has been achieved to promote low-carbon development. Based on the panel data of ‘the Belt and Road’ Countries during 1997-2018, this paper explores the impacts of Foreign Direct Investment (FDI) on carbon emissions by stepwise regression, heterogeneity analysis and threshold regression. The results show that: (1) FDI to ‘the Belt and Road’ Countries has significantly increased carbon emissions, indicating the ‘pollution haven’ effect. (2) ‘The Belt and Road’ Initiative proposed by China in 2013 focuses on green development, which helps to weaken the ‘pollution haven’ effect of FDI on carbon emissions in ‘the Belt and Road’ Countries. It reflects China’s leading role in global environmental governance, especially in climate change response. (3) Economic development can weaken the ‘pollution haven’ effect of FDI on carbon emissions, but rapid economic development, especially industrial growth, significantly increases carbon emissions. (4) Policy, innovation and development mechanisms all lead to significant changes in the carbon emission effect of FDI, among which the development mechanism has the greatest influence, while the innovation mechanism is the most effective. (5) Strengthening environmental regulations promotes the ‘pollution halo’ effect of FDI. ‘The Belt and Road’ Initiative plays an important role in strengthening environmental regulation in ‘the Belt and Road’ Countries.

收稿日期: 2022-01-24 修订日期: 2022-03-14

作者简介: 昌敦虎(1977-), 男, 湖北武汉人, 副教授, 博士, 博导, 主要从事环境经济与管理研究, changdunhu@ruc.edu.cn.

* 责任作者: ①昌敦虎(1977-), 男, 湖北武汉人, 副教授, 博士, 博导, 主要从事环境经济与管理研究, changdunhu@ruc.edu.cn; ②白雨鑫(1992-), 女, 吉林长春人, 博士, 主要从事环境经济学、绿色发展研究, byxin@ruc.edu.cn

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(No.20&ZD092); 国家重点研发计划项目(No.2018YFC0213700)

Supported by National Social Science Foundation of China (No.20&ZD092); Key Research and Development Program of China (No.2018YFC0213700)

Therefore, in order to promote the ‘pollution halo’ effect of FDI, the green ‘Belt and Road’ initiative should be reinforced and the low-carbon investments from China or other environmentally responsible FDI should be introduced. It is also necessary to strengthen the innovation in low-carbon science and technologies. With the technological improvement, policies, innovation and development mechanisms can be coordinated to guide FDI into green and low-carbon fields. In addition, a combination of environmental access mechanisms and environmental economic instruments should be used to achieve high-quality development.

Keywords: ‘the Belt and Road’ Initiative; foreign direct investment; carbon emissions; ‘pollution haven’ effect; ‘pollution halo’ effect

2013年,习近平总书记提出建设“新丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”的合作倡议,中国开始积极探索国际合作以及全球治理新模式。“一带一路”沿线国家占世界一次能源供应的54%,影响着世界碳减排的进程^[1],促进绿色低碳投资和贸易的减排潜力巨大^[2]。中国一向高度重视企业在对外投资合作中的环境责任,《对外投资合作环境保护指南》《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》均突出生态文明理念,积极推进应对气候变化合作。

“一带一路”沿线国家间的经济往来日益频繁^[3],其中外商直接投资(FDI)是主要方面。为吸引外资,各国之间会开展环境政策博弈^[4],甚至操纵环境政策以吸引更多FDI,导致污染水平上升^[5],即“污染天堂”假说^[6]。与之相对,“污染光环”假说^[7]认为,东道国倾向于加严环境规制,引入高质量、高效益的FDI^[8]。

影响FDI碳排放效应的机制归纳为政策、创新和发展三方面^[9-10],通过影响FDI的总量和结构发挥作用。政策机制方面,环境规制等政策工具影响污染企业的区位选择^[11],促进产业转移^[12],吸引可持续的FDI^[13]。创新机制方面,国家对研发的重视可能会促进FDI的技术扩展和转移,从而影响FDI的碳排放效应^[14]。发展机制方面,在各国不同经济发展水平下FDI对碳排放的影响具有非线性门槛效应^[15]。

考虑到“一带一路”沿线各国在经济发展、技术水平和环境规制上的巨大差异,该研究探究多元发展要素与FDI共同作用下“一带一路”沿线国家的碳排放效应。基于政策、创新和发展机制的异质性分析,探讨FDI“污染天堂”效应和“污染光环”效应之间的消长关系,识别中国“一带一路”倡议对减碳的引领作用,为“一带一路”沿线国家实现经济合作与应对气候变化合作的双赢提供借鉴。

1 数据与方法

1.1 基础回归

选取“一带一路”倡议中达成合作共识较早、统计数据较全的33个国家为研究对象,包括阿塞拜疆、罗马尼亚、土耳其、保加利亚、斯洛伐克、斯里兰卡、

白俄罗斯、斯洛文尼亚、乌兹别克斯坦、捷克、乌克兰、埃及、爱沙尼亚、俄罗斯、希腊、克罗地亚、塞浦路斯、巴基斯坦、匈牙利、伊朗、马来西亚、哈萨克斯坦、伊拉克、越南、立陶宛、以色列、印度、马其顿、阿曼、印度尼西亚、波兰、沙特阿拉伯、菲律宾。

选取二氧化碳排放量(CAR,简称“碳排放量”)作为因变量,外商直接投资(FDI)作为自变量。引入以下发展要素作为控制变量:国内生产总值(GDP),反映国家的经济发展程度,其与碳排放的关系多以环境库兹涅茨曲线解释^[16];能源结构(FR),用化石能源在能源消费量中的占比衡量,比例越大则碳排放越强^[17],反之则可再生能源占比提高^[18];进出口总额(TE),反映国家的对外开放程度,国际贸易可能使高碳产业跨境转移^[19];工业增加值占比(IR),即工业增加值占GDP的比例,比例越大则国家对工业的依赖程度越高,碳排放增加的趋势越难以扭转;城市人口数(UR),反映城市化水平与消费水平,其值越高说明碳排放量可能越大。

综合以上变量,设定回归模型如下:

$$\ln \text{CAR}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln \text{FDI}_{it} + \alpha_2 \ln \text{GDP}_{it} + \alpha_3 \text{IR}_{it} + \alpha_4 \text{FR}_{it} + \alpha_5 \ln \text{TE}_{it} + \alpha_6 \ln \text{UR}_{it} + \lambda_t + \eta_i + v_{it} \quad (1)$$

式中, i 表示国家, t 表示年份, λ_t 表示时间固定效应, α 表示各变量系数, η_i 表示个体固定效应, v_{it} 表示随机误差项。标准误为异方差-稳健标准误。为剥离FDI以外因素对碳排放的影响,并保证各解释变量的重要性,采用逐步回归。

研究的时间范围为1997—2018年,各变量描述性统计如表1所示。

1.2 异质性分析

为了验证政策、创新和发展机制对FDI“污染天堂”效应和“污染光环”效应间消长关系的影响,开展异质性分析,分类标准如下:①政策机制方面,“一带一路”倡议可能影响FDI及其碳排放效应。以2013年为分界点,将样本划分为“一带一路”倡议提出前(1997—2013年)和“一带一路”倡议提出后(2014—2018年)。②创新机制方面,加大研发投入是有效的碳减排途径^[20],不同的科技发展水平可能影

表 1 变量描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of variables

变量名称	含义	单位	平均值	标准差	最小值	最大值
FDI	外商直接投资流入	美元	5.619×10^9	9.885×10^9	0	7.167×10^{10}
CAR	碳排放量	10^4 t	213 970.5	373 154.7	5 140	2 334 000
GDP	国内生产总值	10^6 美元	258 107.4	383 797	785.4	2 826 588
IR	工业增加值占比	%	32.5	11.9	10.0	84.8
FR	化石能源占比	%	89.616	9.537	57.399	100
TE	进出口总额	10^6 美元	162 339.9	190 990.2	825.6	1 258 148.6
UR	城市人口数	人	43 078 477	1.417×10^8	282 659	8.923×10^8
EI	能源强度	Btu/美元	16 999.56	16 939.44	3 216.64	138 274.66

注:数据来源于世界银行数据库、英国石油公司(BP)数据库。为消除通货膨胀因素的影响,通过GDP平减指数将以货币单位计量的变量换算为2010年不变价。当国家未接收外商直接投资流入或撤资值大于流入值时,外商直接投资流入记为0;对外商直接投资流入取对数时, $\ln FDI = \ln(FDI + 1)$ 。

响 FDI 及其碳排放效应。该研究中仅 11 个国家在 1997—2018 年研发投入占 GDP 的比例超过 1%。因此,以各国研发投入占 GDP 的比例是否达到 1% 为分界点,区分高研发投入国家和低研发投入国家。③发展机制方面,不同经济发展水平下 FDI 对碳排放的影响具有非线性效应。借鉴世界银行 2007 年提出的“中等收入陷阱”概念^[21],中等收入陷阱为 3 000~12 000 美元,以“一带一路”沿线各国 1997—2018 年人均 GDP 是否达到 10 000 美元作为分界点,区分经济发展水平较高国家和经济发展水平较低国家。

此外,不同国家的定位和发展模式也与宏观因素存在关联,进而影响碳排放。不过,世界各国的发展模式存在多种分类方法,且每种分类方法下的政策、经济、社会和环境特征均存在较大差异^[22]。“一带一路”沿线国家跨越多个大洲和文化,这些国家发展模式存在多种划分方式^[23]。因此,该研究并未考虑国家发展定位或发展模式对碳排放的影响。事实上,该研究所选取的宏观因素都具有较好的代表性,可以从不同的侧面反映“一带一路”沿线国家的发展状况。

1.3 门槛回归

环境规制对碳排放的影响体现出非线性特征^[24]。为探究不同环境规制强度下 FDI 对碳排放的影响,运用 Hansen 的非线性门槛回归模型,以环境规制作为门槛变量,构建回归模型如下:

$$\ln CAR_{it} = \beta_0 + \beta_1 \times \ln FDI_{it} \times I(ER_{it} \leq \gamma_1) + \beta_2 \times \ln FDI_{it} \times I(\gamma_1 < ER_{it} \leq \gamma_2) + \dots + \beta_n \times \ln FDI_{it} \times I(\gamma_{n-1} < ER_{it} \leq \gamma_n) + \beta_{n+1} \times \ln FDI_{it} \times I(ER_{it} > \gamma_n) + \beta_{n+2} \times Z_{it} + \lambda_t + \eta_i + v_{it} \quad (2)$$

式中: ER_{it} 表示国家 i 在 t 年的环境规制; Z_{it} 表示控制变量; I 表示指示函数,当括号内条件满足时 $I=1$,否则 $I=0$; γ 表示各门槛值; β 表示各变量系数。

综合数据可得性以及碳排放与能源消费的相关

性,从众多环境规制指标^[25-26]中选取能源强度(EI)表征环境规制,即单位 GDP 的一次能源消费量。理论上,能源强度越低,说明环境规制越严格,FDI 的“污染光环”效应越明显;反之,FDI 倾向于表现出较强的“污染天堂”效应。

2 “一带一路”沿线国家 FDI 与碳排放特征

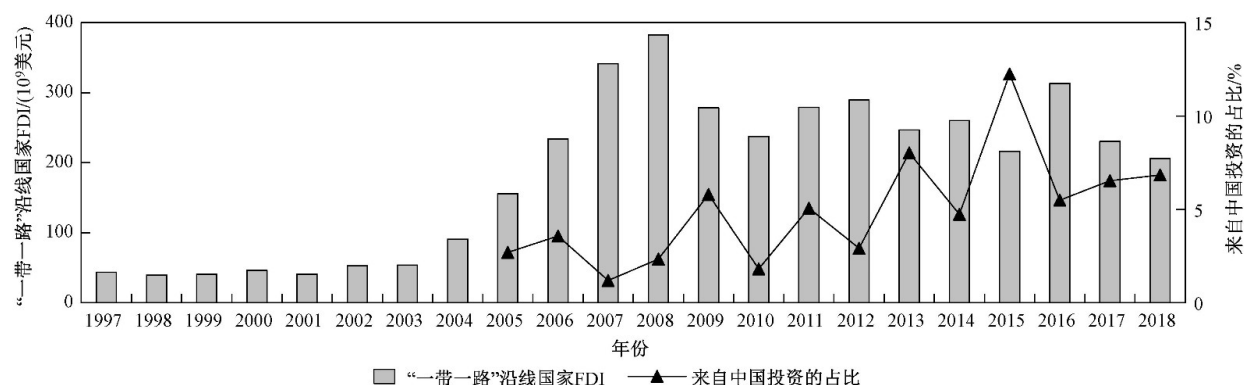
2.1 FDI 总量和结构

由图 1 可见:2003 年以来“一带一路”沿线国家 FDI 显著上升,至 2008 年达到峰值;此后,受金融危机影响,FDI 显著下降并表现出波动趋势,反映了“一带一路”沿线国家加强经济合作的必要性。比较而言,中国对“一带一路”沿线国家的投资则呈波动上升的趋势。特别是在 2013 年之后,来自中国投资的占比始终保持在较高水平,并于 2015 年达到最高水平(12.2%)。

由表 2 可见,在 33 个“一带一路”沿线国家中,俄罗斯 FDI 最高,其次是印度和塞浦路斯,体现出国家发达程度、经济体量等经济因素与 FDI 的关联。此外,中国企业不仅向俄罗斯、希腊等“一带一路”沿线国家中经济水平相对较高的国家投资,也向经济水平较低的国家投资,投资去向多元化。总体来看,中国投资占“一带一路”沿线国家 FDI 的比例差别较大,同时也是 FDI 较低国家的主要外资来源。

根据国研网“一带一路”研究与决策支撑平台的数据,2013—2018 年中国对“一带一路”沿线国家的投资集中在能源、金属、运输领域,三者占比之和高达 65%。因能源、金属和运输行业均属于碳密集型产业^[27-28],可认为中国与“一带一路”沿线国家的投资合作会影响地区碳排放的走向,来自中国的投资对绿色“一带一路”建设至关重要。

中国对“一带一路”沿线国家的能源投资中,包括煤炭、石油、天然气在内的化石能源行业投资仅占 52%,水电、能源替代和其他能源投资占比达 48%。



注：数据来源于世界银行、国研网“一带一路”研究与决策支撑平台。通过 GDP 平减指数将 FDI 换算为 2010 年不变价。

图1 “一带一路”沿线国家 FDI(1997—2018 年) 及来自中国投资的占比 (2005—2018 年)

Fig.1 FDI (1997-2018) and share of investments from China (2005-2018) in ‘the Belt and Road’ Countries

表2 FDI 及来自中国投资前 10 名的“一带一路”沿线国家 (1997—2018 年)

Table 2 Top 10 of ‘the Belt and Road’ Countries in FDI and investments from China (1997-2018)

排名	国家	FDI/(10 ⁶ 美元)	排名	国家	中国投资/(10 ⁶ 美元)	排名	国家	来自中国投资的占比/%
1	俄罗斯	517 458.69	1	俄罗斯	33 860	1	伊拉克	96.30
2	印度	457 667.86	2	印尼	24 090	2	巴基斯坦	39.76
3	塞浦路斯	355 367.36	3	哈萨克斯坦	19 070	3	斯里兰卡	33.54
4	匈牙利	313 116.72	4	马来西亚	18 980	4	希腊	23.77
5	波兰	263 303.87	5	印度	16 780	5	哈萨克斯坦	14.04
6	沙特阿拉伯	224 162.03	6	巴基斯坦	14 900	6	马来西亚	12.91
7	印尼	196 433.22	7	伊拉克	11 820	7	印尼	12.26
8	土耳其	196 406.61	8	以色列	9 820	8	伊朗	10.51
9	以色列	168 987.84	9	希腊	9 750	9	斯洛文尼亚	8.27
10	捷克	155 889.01	10	越南	5 880	10	乌兹别克斯坦	7.90

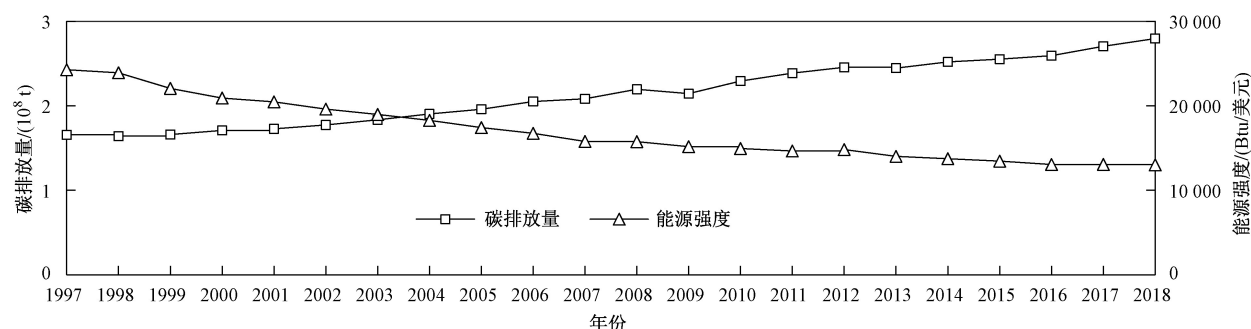
注：数据来源于世界银行以及国研网“一带一路”研究与决策支撑平台。通过 GDP 平减指数将 FDI 换算为 2010 年不变价。

而根据英国石油公司 (BP) 数据库,在“一带一路”沿线国家的能源结构中,2013—2018 年化石能源的占比高达 91.42%,而新能源(水电、可再生能源、核能)的占比不足 10%。因此,中国投资对“一带一路”沿线国家的绿色低碳发展起到了促进作用;同时,自 2013 年“一带一路”倡议提出后,“一带一路”沿线国家新能源的占比显著提升,年均增幅 1.95%,而在 1997—

2012 年则年均下降 0.26%。由此说明“一带一路”倡议起到了绿色低碳发展的引领示范作用。

2.2 碳排放量

由图 2 可见,1997 年以来,“一带一路”沿线国家碳排放量呈上升趋势,然而能源强度总体呈下降趋势。环境规制日趋增强,能源效率逐步提高,是实现碳达峰、碳中和目标的必要条件。



注：数据来源于世界银行。能源强度中 GDP 换算为 2010 年不变价。

图2 “一带一路”沿线国家碳排放量和能源强度 (1997—2018 年)

Fig.2 CO₂ emissions and energy intensity in ‘the Belt and Road’ Countries (1997-2018)

由表3可见:俄罗斯与印度的碳排放量均较高,与其经济体量大有关;伊朗和沙特阿拉伯的碳排放量也较高,与其以石油为主的能源结构相关.值得注意

的是,1997—2018年,“一带一路”沿线国家碳排放量的增长率差异明显,18个国家增长率为正,15个国家增长率为负.

表3 碳排放量及其增长率和下降率前10名的“一带一路”沿线国家(1997—2018年)

Table 3 Top 10 of 'the Belt and Road' Countries by carbon emissions, growth rates and reduction rates (1997-2018)

排名	国家	碳排放量年均值/(10 ³ t)	排名	国家	碳排放量增长率/%	排名	国家	碳排放量下降率/%
1	俄罗斯	1 635 949	1	越南	671.3	1	乌克兰	43.7
2	印度	1 438 799	2	阿曼	369.5	2	罗马尼亚	39.2
3	伊朗	473 223.2	3	印度	194.8	3	保加利亚	24.0
4	沙特阿拉伯	433 699.5	4	斯里兰卡	158.4	4	斯洛伐克	20.7
5	印尼	357 757.3	5	伊朗	152.6	5	捷克	14.4
6	乌克兰	308 870.5	6	马来西亚	142.4	6	爱沙尼亚	14.3
7	波兰	308 660.9	7	印尼	130.4	7	希腊	13.8
8	土耳其	272 010	8	沙特阿拉伯	124.5	8	北马其顿	12.4
9	哈萨克斯坦	234 918.6	9	伊拉克	124.2	9	阿塞拜疆	12.3
10	埃及	175 965.5	10	巴基斯坦	118.2	10	斯洛文尼亚	11.2

注:数据来源于世界银行.

3 结果与讨论

3.1 逐步回归结果

FDI碳排放效应逐步回归结果如表4所示. FDI每增加10%,碳排放量显著增加0.04%,反映FDI对碳排放的“污染天堂”效应.其原因在于“一带一路”沿线国家在吸引FDI方面各有优势,从而为跨国企业投资提供了机遇,但“一带一路”沿线各国环境规制水平不同,导致碳排放规制起步晚、强度低的国家成为污染企业的污染避难所.据联合国全球契约组织发布的《企业碳中和路径图——落实巴黎协定和联合国可持续发展目标之路》,截至2021年,33个“一带一路”沿线国家中仅不足1/2的国家通过立法或行政手段应对气候变化,间接佐证了上述结论.

GDP显著影响碳排放量,说明转变经济增长方

式、实现经济发展与碳排放脱钩是“一带一路”沿线国家的当务之急.考虑到GDP每增加10%,碳排放量显著增加4.97%,远大于FDI的碳排放影响,因此通过优化FDI实现碳排放“污染光环”效应的可能性较大.加强对跨国公司的环境规制和清洁技术推广,可发挥FDI对国内生产的绿色引导作用,特别应增加具有低碳特征的中国投资,促进经济发展的同时减少“污染天堂”效应.

此外,城市人口的增加促进了消费,也显著增加了碳排放.由于GDP和城市人口数均对碳排放量产生显著影响,该研究将进一步分析二者的关联性.

3.2 异质性分析

为进一步区分政策机制、创新机制和发展机制,异质性分析结果如表5所示.

表4 FDI碳排放效应逐步回归结果

Table 4 Stepwise regression results of FDI on carbon emission

变量	ln CAR					
	步骤1	步骤2	步骤3	步骤4	步骤5	步骤6
ln FDI	0.005 8 [*] (0.003 2)	0.005 2 ^{***} (0.001 8)	0.005 2 ^{***} (0.001 8)	0.004 8 ^{**} (0.001 8)	0.004 2 ^{**} (0.001 9)	0.004 1 ^{**} (0.001 9)
ln GDP		0.572 9 [*] (0.307 6)	0.593 2 ^{**} (0.290 3)	0.524 1 [*] (0.303 4)	0.676 7 ^{**} (0.259 0)	0.497 2 [*] (0.265 0)
IR			-0.002 8(0.006 9)	-0.002 0(0.006 7)	0.000 7(0.008 1)	0.001 6(0.007 7)
FR				0.010 8(0.010 7)	0.009 9(0.009 3)	0.009 9(0.007 2)
ln TE					-0.176 2(0.216 5)	-0.116 1(0.214 6)
ln UR						0.692 2 ^{**} (0.288 1)
常数项	11.035 6 ^{***} (0.083 5)	4.659 2(3.449 6)	4.521 8(3.287 6)	4.302 4(3.140 4)	4.486 2(3.299 6)	-5.068 7(4.884 5)
样本量	726	726	726	726	726	726
R ²	0.245 6	0.353 1	0.354 8	0.377 5	0.394 3	0.440 3

注:***、**、*分别代表1%、5%、10%显著性水平.括号中的数值为异方差-稳健标准误.使用逐步回归方法,按照步骤1~6逐个引入控制变量进行回归,并保证各步骤回归的F值显著,既保证模型中各控制变量的重要性,又避免多重共线性.下同.

表 5 FDI 的碳排放效应异质性分析结果

Table 5 Heterogeneity analysis results of FDI on carbon emission

变量	ln CAR					
	政策机制		创新机制		发展机制	
	1997—2013年	2014—2018年	研发投入占比 大于1%	研发投入占比 小于1%	人均GDP 大于10 000美元	人均GDP 小于10 000美元
ln FDI	0.003 1*(0.001 7)	-0.000 3(0.000 5)	0.001 9(0.001 7)	0.005 0**(0.002 2)	-0.000 8(0.002 4)	0.005 4*(0.003 1)
ln GDP	0.154 6(0.270 9)	0.893 1*** (0.221 5)	1.094 2*** (0.221 0)	0.053 3(0.283 3)	1.030 9*** (0.178 5)	0.393 5(0.331 0)
IR	0.008 4(0.007 8)	0.006 2(0.004 9)	-0.005 1(0.009 5)	0.003 1(0.007 8)	0.018 5*** (0.005 6)	-0.007 0(0.008 9)
FR	0.010 7(0.007 2)	0.010 4*** (0.002 6)	-0.001 3(0.001 3)	0.034 5*** (0.008 4)	0.023 1*(0.012 3)	0.006 9(0.007 2)
ln TE	-0.076 2(0.183 5)	0.042 8(0.117 8)	-0.542 3** (0.189 1)	0.070 3(0.238 2)	-0.538 4** (0.176 9)	0.001 7(0.258 6)
ln UR	0.773 0** (0.283 3)	0.104 8(0.517 2)	-0.669 3* (0.323 1)	0.666 3** (0.296 9)	0.223 7(0.354 6)	0.649 4** (0.271 6)
常数项	-3.216 0(5.273 9)	-2.422 2(8.359 3)	15.089 7** (5.897 0)	-4.282 1(4.873 3)	-0.928 7(5.749 8)	-4.148 5(5.817 8)
样本量	561	165	242	484	264	462
R ²	0.427 2	0.533 8	0.637 2	0.519 5	0.639 6	0.439 6

3.2.1 政策机制

随着 2013 年“一带一路”倡议的提出与推广，FDI 与碳排放之间的关系由正显著变为不显著，反映中国在企业对外投资中的绿色低碳要求越来越得到“一带一路”沿线国家的认同，“污染天堂”效应因此弱化。控制变量中，GDP 对碳排放量的影响则由不显著变为正显著，城市人口数对碳排放量的影响由正显著变为不显著，且能源结构对碳排放量影响显著。

将资本形成总额 (CAP) 作为投资变量，城市人口数 (UR) 作为消费变量，出口额 (EX) 作为出口变量，GDP 为因变量，得到回归结果如表 6 所示，证实了投资、消费和出口为长期经济增长的“三驾马车”^[29]。进一步以 2013 年为时间分界点开展异质性分析，结合表 5 发现，“一带一路”倡议提出之前，消费对 GDP 的拉动作用并不显著，但显著增加了碳排放量，这是低水平经济增长中大量基本消费需求形成的低水平能源利用所致。“一带一路”倡议提出后，消费水平提高意味着能源利用效率得到改进，但与此同时消费通

过 GDP 的中介效应增加碳排放。

3.2.2 创新机制

随着研发投入占比的提高，FDI 对碳排放的影响由正显著变为不显著，反映出创新对于 FDI“污染天堂”效应的遏制。相关研究^[30]也表明，FDI 通过促进研发使国家创新体系受益。2017 年，习近平总书记提出了“一带一路”科技创新行动计划。因此，强化与中国的投资合作，可以引导“污染光环”效应的形成。

对于研发占比较高的国家，GDP 显著增加碳排放，而城镇人口数和进出口总额均显著抑制碳排放。可见，科技创新增强了“一带一路”沿线国家可持续消费和绿色国际贸易，以此抵消 GDP 增长的碳排放效应。

3.2.3 发展机制

当跨越中等收入陷阱后，FDI 对碳排放的“污染天堂”效应消失，且绿色贸易的发展显著减少了碳排放。因此，尚未跨过中等收入陷阱的低经济发展水平国家应重视 FDI 的使用效率^[31]。

然而，对于跨越了中等收入陷阱的“一带一路”沿线国家而言，GDP、工业增加值占比和能源结构对碳排放均产生显著正影响，经济增长表现出不可持续性。这些国家应当聚焦于绿色、低碳、循环的经济模式，合理利用绿色 FDI，促进产业结构调整 and 能源结构清洁化，实现高质量发展。

3.2.4 3 种机制的协同效应

政策、创新和发展三类机制均导致 FDI 的碳排放效应发生显著变化，其中发展机制影响最大，表现为经济发展水平较低国家的“污染天堂”效应明显的现象，由此凸显了经济发展的重要性。然而，回归结果也表明，经济快速发展特别是工业发展显著增加了

表 6 “一带一路”沿线国家投资、消费和出口对 GDP 影响的回归结果

Table 6 Regression results of the impact of investment, consumption and export on GDP in ‘the Belt and Road’ Countries

变量	ln GDP		
	1997—2018年	1997—2013年	2014—2018年
ln CAP	0.175 6*** (0.056 2)	0.131 2** (0.049 1)	0.122 5* (0.065 0)
ln UR	0.356 0** (0.151 4)	0.228 5(0.183 2)	0.408 5** (0.191 8)
ln EX	0.234 3*** (0.074 2)	0.260 2*** (0.092 4)	0.105 6(0.076 8)
常数项	1.520 0(2.598 2)	3.693 6(3.301 7)	2.954 9(3.204 5)
样本量	726	561	165
R ²	0.910 7	0.897 2	0.813 4

碳排放. 随着经济的发展,“一带一路”沿线国家的产业需要实现绿色低碳转型. 从 FDI 自身来看,低碳和环境责任应是首选原则,来自中国的投资无疑是理想选择.

就控制变量而言,上述三类机制的改进均导致了 GDP 对碳排放的促进作用,同时也削弱了消费的碳排放效应,创新机制甚至促进了可持续消费. 此外,创新和发展机制的改进有助于实现绿色国际贸易. 因此,各类机制有利有弊,且创新机制改进的碳减排效果相对稳定. 在“一带一路”倡议的引导下,“一带一路”沿线各国应致力于提升国内科技水平,并使 3 种机制协同并重,形成对碳减排的合力,促进持续的 FDI “污染光环”效应.

3.3 门槛回归结果

利用式 (2) 分别进行单门槛、双门槛和三门槛的检验,但仅在单门槛和双门槛检验时各门槛的 p 值显著,因此使用双门槛模型进行回归分析,bootstrap 次数为 500.

由表 7 可见,环境规制的门槛效应存在. 当能源强度大于第二门槛时,FDI 与碳排放呈显著正相关,弹性系数随能源强度下降而减小;当能源强度低于第一门槛时,FDI 与碳排放呈显著负相关. 因此,包括环境准入机制和低碳市场机制在内的严格环境规制应引入 FDI 政策,以确保投资在碳减排上的可持续性.

表 7 FDI 碳排放效应门槛回归结果

Table 7 Threshold regression results of FDI on carbon emissions

变量	ln CAR
ln GDP	0.716 1*** (0.056 0)
IR	0.001 8(0.001 7)
FR	0.010 8*** (0.001 7)
ln TE	-0.128 6*** (0.032 3)
ln UR	0.356 4*** (0.077 0)
ln FDI ($EI \leq 13\ 970.57$)	-0.002 6* (0.001 4)
ln FDI ($13\ 970.57 < EI \leq 35\ 953.29$)	0.013 8*** (0.001 5)
ln FDI ($35\ 953.29 < EI$)	0.032 3*** (0.002 1)
常数项	-2.300 8** (1.136 6)
样本量	726
R^2	0.647 3

根据“一带一路”沿线各国的能源强度数据,2013 年前“一带一路”沿线国家能源强度差异较大,平均能源强度介于第一门槛和第二门槛之间;2013 年起,平均能源强度降至第一门槛之下,且仅有爱沙尼亚的能源强度高于第二门槛. 结果表明,“一带一路”倡议对于环境规制具有促进作用. 因此,通过文化和

科技交流宣传中国的碳达峰、碳中和理念与方法,同时加大中国投资的比例,都有利于强化“一带一路”沿线国家的环境规制.

4 结论

a) “一带一路”沿线国家 FDI 显著增加碳排放,体现出“污染天堂”效应. 来自中国的投资具有低碳化特征,增加与中国的投资往来并由此引领与其他各国的投资,能在促进经济发展的同时削弱“污染天堂”效应.

b) 我国提出的“一带一路”倡议注重绿色低碳发展,削弱了“一带一路”沿线国家 FDI 对碳排放的“污染天堂”效应,发挥了应对气候变化的引领示范作用.

c) 经济发展可削弱 FDI 对碳排放的“污染天堂”效应,然而经济快速发展特别是工业发展可显著增加碳排放. 因此,“一带一路”沿线国家的产业需要实现绿色低碳转型,并基于低碳和环境责任原则选择 FDI.

d) “一带一路”沿线国家应以提升国内科技水平为基础,协同政策、创新和发展三类机制,形成对碳减排的合力,持续激励 FDI 对碳排放的“污染光环”效应.

e) 强化环境规制能促进 FDI 对碳排放的“污染光环”效应,“一带一路”倡议则推动“一带一路”沿线各国加强了环境规制. “一带一路”沿线各国应增加与中国的合作与交流,运用环境准入机制和环境经济手段,引导 FDI 投向绿色低碳领域.

参考文献 (References):

- [1] 郭娜,傅泽强,王艳华,等.“一带一路”沿线国家碳排放 EKC 检验及脱钩关系分析[J].环境工程技术学报,2018,8(6):671-678.
WU N,FU Z Q,WANG Y H,et al.EKC test and decoupling analysis of carbon emissions in countries along the ‘One Belt and One Road’ [J].Journal of Environmental Engineering Technology, 2018,8(6):671-678.
- [2] YANG Y F,WANG H,LÖSCHEL A,et al.Patterns and determinants of carbon emission flows along ‘the Belt and Road’ from 2005 to 2030 [J].Ecological Economics,2022,192:107260.
- [3] WANG J D,DONG K Y,DONG X C,et al.Research on the carbon emission effect of the seven regions along ‘the Belt and Road’: based on the spillover and feedback effects model [J].Journal of Cleaner Production,2021,319:128758.
- [4] MARIOTTI S,MARZANO R.The effects of competition policy, regulatory quality and trust on inward FDI in host countries [J].International Business Review,2021,30(6):101887.
- [5] CAI X Q,LU Y,WU M Q,et al.Does environmental regulation drive away inbound foreign direct investment?evidence from a quasi-natural experiment in China [J].Journal of Development Economics,2016,123:73-85.
- [6] DUAN Y W,JIANG X M.Pollution haven or pollution halo?a reevaluation on the role of multinational enterprises in global CO₂

- emissions[J].*Energy Economics*,2021,97:105181.
- [7] PAZIENZA P.The impact of FDI in the OECD manufacturing sector on CO₂ emission:evidence and policy issues[J].*Environmental Impact Assessment Review*,2019,77:60-68.
- [8] 魏玮,周晓博,薛智恒.环境规制对不同进入动机FDI的影响:基于省际面板数据的实证研究[J].*国际商务(对外经济贸易大学学报)*,2017(1):110-119.
- WEI W,ZHOU X B,XUE Z H.Effects of environmental regulation on FDI with different entering motivations:empirical study based on provincial panel data[J].*International Business*,2017(1):110-119.
- [9] 谢科进,蔡云芝,包尚艳.劳动力成本上升对我国吸引FDI的影响研究[J].*管理世界*,2018(7):166-167.
- XIE K J,CAI Y Z,BAO S Y.Research on the impact of labor cost rising on China's attraction of FDI[J].*Management World*,2018(7):166-167.
- [10] 吕朝凤,毛霞.地方金融发展能够影响FDI的区位选择吗?一个基于城市商业银行设立的准自然实验[J].*金融研究*,2020(3):58-76.
- LYU C F,MAO X.Can local financial development affect the location selection of FDI?a quasi-natural experiment based on city commercial banks[J].*Journal of Financial Research*,2020(3):58-76.
- [11] WANG X Y,ZHANG C T,ZHANG Z J.Pollution haven or porter?the impact of environmental regulation on location choices of pollution-intensive firms in China[J].*Journal of Environmental Management*,2019,248:109248.
- [12] ZHENG D,SHI M J.Multiple environmental policies and pollution haven hypothesis:evidence from China's polluting industries[J].*Journal of Cleaner Production*,2017,141:295-304.
- [13] KATHURIA V,RAY P,BHANGAONKAR R.FDI (foreign direct investment) in wind energy sector in India:testing the effectiveness of state policies using panel data[J].*Energy*,2015,80:190-202.
- [14] RAZZAQ A,AN H,DELPACHITRA S.Does technology gap increase FDI spillovers on productivity growth?evidence from Chinese outward FDI in 'Belt and Road' host countries[J].*Technological Forecasting and Social Change*,2021,172:121050.
- [15] 黄杰.FDI对中国碳排放强度影响的门槛效应检验[J].*统计与决策*,2017(21):108-111.
- [16] BENZERROUK Z,ABID M,SEKRAFI H.Pollution haven or halo effect?a comparative analysis of developing and developed countries[J].*Energy Reports*,2021,7:4862-4871.
- [17] 金玲,郝成亮,吴立新,等.中国煤化工行业二氧化碳排放达峰路径研究[J].*环境科学研究*,2022,35(2):368-376.
- JIN L,HAO C L,WU L X,et al.Pathway of carbon emissions peak of China's coal chemical industry[J].*Research of Environmental Sciences*,2022,35(2):368-376.
- [18] GYAMFI B A,BEIN M A,UDEMBA E N,et al.Investigating the pollution haven hypothesis in oil and non-oil sub-Saharan Africa countries:evidence from quantile regression technique[J].*Resources Policy*,2021,73:102119.
- [19] 花瑞祥,蓝艳.中国与东盟贸易的环境效应及其关键社会经济因子影响分析[J].*环境科学研究*,2020,33(9):2210-2218.
- HUA R X,LAN Y.Environmental effect of free trade between China and ASEAN and impact analysis of key socio-economic factors[J].*Research of Environmental Sciences*,2020,33(9):2210-2218.
- [20] 禹湘,陈楠,李曼琪.中国低碳试点城市的碳排放特征与碳减排路径研究[J].*中国人口·资源与环境*,2020,30(7):1-9.
- YU X,CHEN N,LI M Q.Research on carbon emission characteristics and reduction pathways of low-carbon pilot cities in China[J].*China Population,Resources and Environment*,2020,30(7):1-9.
- [21] 杨海珍,李昌萌.“中等收入陷阱”存在与否及其影响因素[J].*管理评论*,2021,33(4):40-46.
- YANG H Z,LI C M.On the existence and influencing factors of middle income trap[J].*Management Review*,2021,33(4):40-46.
- [22] TALEBZADEHHOSSEINI S,GARIBAY I.The interaction effects of technological innovation and path-dependent economic growth on countries overall green growth performance[J].*Journal of Cleaner Production*,2022,333:130134.
- [23] BOMPARD E F,CORGNATI S P,GROSSO D,et al.Multidimensional assessment of the energy sustainability and carbon pricing impacts along 'the Belt and Road' Initiative[J].*Renewable and Sustainable Energy Reviews*,2022,154:111741.
- [24] 王雅楠,左艺辉,陈伟,等.环境规制对碳排放的门槛效应及其区域差异[J].*环境科学研究*,2018,31(4):601-608.
- WANG Y N,ZUO Y H,CHEN W,et al.Threshold effect and regional differences of environmental regulation on carbon emission[J].*Research of Environmental Sciences*,2018,31(4):601-608.
- [25] 郑强,冉光和,邓睿,等.中国FDI环境效应的再检验[J].*中国人口·资源与环境*,2017,27(4):78-86.
- ZHENG Q,RAN G H,DENG R,et al.re-examination on the environmental effect of FDI in China[J].*China Population,Resources and Environment*,2017,27(4):78-86.
- [26] ZHANG W,LI G X,UDDIN M K,et al.Environmental regulation, foreign investment behavior,and carbon emissions for 30 provinces in China[J].*Journal of Cleaner Production*,2020,248:119208.
- [27] 蔡博峰,吕晨,董金池,等.重点行业/领域碳达峰路径研究方法[J].*环境科学研究*,2022,35(2):320-328.
- CAI B F,LÜ C,DONG J C,et al.Research method for carbon peaking pathway in key industries/sectors[J].*Research of Environmental Sciences*,2022,35(2):320-328.
- [28] HU Y,YU Y,MARDANI A.Selection of carbon emissions control industries in China:an approach based on complex networks control perspective[J].*Technological Forecasting and Social Change*,2021,172:121030.
- [29] 陈斌开.供给侧结构性改革与中国居民消费[J].*学术月刊*,2017,49(9):13-17.
- [30] GUIMÓN J,CHAMINADE C,MAGGI C,et al.Policies to attract R & D-related FDI in small emerging countries:aligning incentives with local linkages and absorptive capacities in Chile[J].*Journal of International Management*,2018,24(2):165-178.
- [31] 张欢,徐康宁,孙文远.城镇化、教育质量与中等收入陷阱:基于跨国面板数据的实证分析[J].*数量经济技术经济研究*,2018,35(5):40-58.
- ZHANG H,XU K N,SUN W Y.Urbanization,education quality, and middle income trap[J].*The Journal of Quantitative & Technical Economics*,2018,35(5):40-58.