

制度型开放视域下“丝路电商” 对能源网络韧性的影响

余紫菱¹，李若萱²，何 苗¹

(1. 新疆大学 经济与管理学院，新疆 乌鲁木齐 830046；

2. 陕西延长石油(集团)有限责任公司，陕西 西安 710065)

摘要：在能源治理规则碎片化的背景下，如何通过制度型开放提升能源网络韧性成为重要问题。本文基于2002—2024年195个国家(地区)的双边能源贸易数据，从制度型开放视角检验“丝路电商”对能源网络韧性的影响及传导路径。研究发现，“丝路电商”降低了能源网络断裂概率，增强了其恢复和重构能力。其中，电商属性下的供应链优化、网络扁平化和制度属性下的技术标准扩散、治理能力提升是增强韧性的关键路径。同时，“丝路电商”与跨境电商综合试验区的内外联动强化了制度型开放的韧性增益效果。此外，“丝路电商”缩小了“南方国家”与核心国家在全球能源治理能力上的差距，并且这一作用在“一带一路”能源合作伙伴关系中更为突出。本文研究为提升全球能源治理稳定性提供了有益启示。

关键词：制度型开放；“丝路电商”；能源网络韧性；电商属性；制度属性

[中图分类号]F752 [文献标识码]A [文章编号]1002-4034(2026)03-0067-19

引 言

“丝路电商”是中国在“一带一路”框架下推动制度型开放的重要举措。如今，其核心功能已超出线上交易的范畴，侧重通过规则对接、标准衔接和监管协作构建跨境经贸的制度基础^①。这一制度导向，使“丝路电商”在跨国要素流动与供应链治

[收稿日期]2025-08-19

[基金项目]国家社会科学基金青年项目“三大变革视角下数字经济驱动高质量发展的机制与路径研究”(25CJL013)，新疆领军人才引进计划重点高校引才项目“新疆自贸试验区对接高标准绿色经贸规则的路径与机制研究”(XJRC-2025-JY-YJ-GX-QNQZ-060)，新疆高校基本科研业务费科研项目“新疆数字通道与高标准数字经贸规则南向扩散研究”(XJEDU2026J022)

[作者简介]余紫菱(1998—)，女，新疆哈密人，新疆大学经济与管理学院副教授，博士，研究方向：世界经济；(通讯作者)李若萱(1998—)，女，陕西靖边人，陕西延长石油(集团)有限责任公司中级经济师，研究方向：能源经济；何苗(1996—)，女，陕西商洛人，新疆大学经济与管理学院副教授，博士，研究方向：高质量发展

①资料来源：中华人民共和国国家发展和改革委员会，https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjfgzh/202112/t20211224_1309485_ext.html(访问日期2025-12-25)。

理中呈现出明显的制度外溢效应，为研究其在能源领域的制度型开放功能奠定了现实基础。

近年来，全球能源供需形势的不稳定性明显上升。国际能源署数据显示，全球因能源网络中断造成的经济损失持续增加，其波动幅度与恢复周期偏离传统供需冲击模式^①。这意味着，依靠以基础设施强化、战略储备或市场调节为主的传统韧性治理方式，在跨国能源合作制度化、规则化的情境下，难以应对制度差异、规则冲突与协同不足引发的新型风险。随着能源治理重心从物理建设向制度安排转变，规则碎片化、信任缺失与治理分散成为制约全球能源网络稳定运行的关键因素(Acemoglu等, 2012; Newell等, 2021; Yang和Fu, 2025)。中国《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》提出推进能源治理体系和治理能力现代化，从政策层面强调了通过完善规则和机制增强能源网络韧性的必要性。王如雪和于津平(2025)认为公平、透明、可预期的制度环境不仅能够削减跨境交易成本，还能提高网络在冲击下的恢复与适应能力。因此，以规则互认、标准衔接与平台协同为核心的制度型开放成为提升能源网络韧性的关键路径(黄新华, 2025; 原倩, 2024)。

在这一背景下，“丝路电商”在跨境制度协调中的潜在功能，正好切入全球能源网络运行中的制度薄弱环节。一是“丝路电商”规则互认降低了制度差异带来的不确定性，有助于能源装备、绿色产品等要素的顺畅流动。二是“丝路电商”信用与履约机制提升了交易透明度和可验证性，缓解了传统跨境合作中的信息不对称与信任缺口。三是“丝路电商”平台协同整合信息流、业务流，为跨境应急协调与风险响应提供了制度渠道。这些安排共同构建了一个更稳定、更透明、可预期的合作环境，从制度层面增强了能源网络的抗冲击能力与恢复效率。

从实践看，“丝路电商”的制度型开放特征正在跨境供应链尤其是能源相关产品贸易中体现出来(马述忠等, 2024)。2023年，中国与相关伙伴的跨境电商进出口总额达2.63万亿元，同比增长10.8%，占中国进出口总额的比重提升至6%，其中能源装备、绿色技术与基础设施配套产品增速尤为显著^②。数字履约、区块链追溯与智能匹配等推动了跨境流通过程中的流程化和透明化，压缩了协作时间，提高了供应链在扰动后的恢复速度(叶世雄和蔡一鸣, 2024)。在更深层的制度型开放层面，共享规则体系弱化了企业对单一市场关系或中介信用的依赖，使企业在跨境合作中转向依托制度安排开展互动的模式(王小林和兰松, 2025)，不仅推动了能源治理从单边管制走向多边协同，弱化了制度异质性带来的协调摩擦，也为发展中经济体在全球能源治理中提升制度参与度提供了可能路径。这一变化直接回应了Florini和Sovacool(2009)关于“谁来治理能源”的问题，为“南方国家”在全球制度竞争中提升制度影响力提供了新的路径。

①资料来源：IEA《世界能源展望2024》，<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>(访问日期2025-08-19)。

②资料来源：中华人民共和国商务部，https://www.mofcom.gov.cn/xwfb/sjzrflb/art/2025/art_667f7eec3e4d49ffab30b886f51a669e.html(访问日期2025-10-11)。

尽管任婉婉等(2024)、叶世雄和蔡一鸣(2024)从贸易规模、跨境电商出口和数字服务流量等角度验证了“丝路电商”的促进作用,但在能源安全与全球治理领域的制度型开放功能仍未受到充分关注。在全球能源形势复杂多变、地缘摩擦加剧以及能源转型进程加速的背景下,以“丝路电商”为抓手的制度型开放,能否在跨国情境中提升能源网络韧性,是否能够缩小南北国家在治理能力上的差距,仍是值得研究的关键问题。

基于此,本文边际贡献包括:一是从制度型开放的视角切入,将“丝路电商”置于全球能源网络韧性的分析框架之下,突破以往多集中于贸易规模或效率的研究取向,聚焦制度型开放如何影响全球能源网络韧性。二是从电商属性和制度属性识别“丝路电商”对能源网络韧性的作用机制。电商层面,“丝路电商”通过供应链优化、网络扁平化,使网络在受到扰动后能够更快恢复;制度层面,“丝路电商”推动技术标准扩散、治理能力提升,使跨国合作的稳定性得到加强。该机制框架深化了制度型开放在能源领域的作用逻辑,为后续研究提供了可检验比较的理论结构。三是进一步分析识别了跨境电商综合试验区带来的协同效应,并揭示“丝路电商”与“一带一路”能源合作伙伴关系在缩小“南方国家”与全球核心国家能源治理能力差距方面的作用,为理解发展中国家在全球治理中的制度参与提供新的实证依据。

一、理论分析与研究假说

(一)直接效应分析

在全球能源系统高度互联、跨境风险频发的背景下,制度型开放通过规则明晰和多层治理成为影响能源网络韧性的关键制度基础。从规则层面看,清晰、可执行的制度安排能够减少制度差异导致的信息噪声,使跨境能源合作各方在交易流程、履约责任与风险分担上形成一致预期(吕建兴等,2021)。在此制度环境下,企业在开展能源装备贸易或技术服务时,所面临的政策不确定性和合规成本降低,交易节奏稳定,有助于提升网络整体运行的连续性与可预测性(魏友岳和刘洪铎,2017)。从治理层面看,制度型开放不仅提供规则框架,也为能源网络的跨层级协作构建了更为稳固的组织基础。能源网络的运行涉及供应链、金融链与信息链的多链条互动,任何环节的失灵都可能在网络中被放大。因此,多层治理的“丝路电商”能够使政府、行业组织与企业之间保持信息互通,提升对异常信号的识别速度和决策反应能力。同时,危机协同机制则可在突发事件发生时迅速调配跨境资源,减少冲击在网络中的外溢,提升系统的恢复能力(肖兴志等,2025)。基于此,本文提出:

假说1 以“丝路电商”为抓手的制度型开放能够提升能源网络韧性。

(二)影响机制分析

1. 以“丝路电商”为抓手的制度型开放,将通过电商属性增强能源网络韧性

(1)供应链优化机制。能源装备、关键零部件和技术服务具有体积大、价值高、时效性强与替代路径有限等特征,使其在跨境流通中的任何信息滞后或物流阻

滞都可能被放大为系统性风险。“丝路电商”通过数字化清关、节点信息共享和智能调度等制度安排,为解决这一问题提供了新的路径。一是提升跨境能源流通的时效性。无纸化申报和自动比对缩短了通关时间,使企业获得更稳定的交付预期,减少延误在网络中的累积放大(任婉婉等,2024)。二是降低供应链运行中的不确定性。港口、海关与运输节点的实时数据共享,使企业与监管部门能够及时识别风险并调整运输路径,弱化信息不对称造成的扰动。三是压低跨境物流成本。平台匹配与智能调度减少冗余环节,提高仓储与运输资源利用率,使企业具备更强的成本缓冲空间。供应链在时效性、确定性与成本结构上的改善(康茂楠等,2025),有助于提升能源网络在外部冲击下的连续性、协调性与恢复能力。

(2)网络扁平化机制。传统跨境能源贸易高度依赖少数中心节点,结构集中且替代性不足。一旦中心节点受阻,冲击容易沿网络扩散,导致路径匮乏与恢复周期延长。“丝路电商”通过平台直连与多边撮合,使能源贸易由中心辐射型向多节点网状型转变,提高了网络结构的分散度与效率(马梦涓等,2025)。一方面,“丝路电商”增加了跨境能源流动的替代路径。算法匹配与信息公开促成多源、多节点的贸易链路,使能源装备和绿色产品在跨境流通中形成冗余结构,从而在地缘冲突、通关拥堵或政策变化时保持基本运作。另一方面,“丝路电商”平台促使交易关系由长链条向短链条转变。中间环节的减少不仅提高了交易效率,也弱化了节点失效在网络中的传导强度,加快了网络的局部修复和整体恢复速度。基于此,本文提出:

假说2 制度型开放通过供应链优化和网络扁平化,提升能源网络韧性。

2. 以“丝路电商”为抓手的制度型开放,将从制度属性层面提升能源网络韧性

(1)技术标准扩散机制。能源装备和绿色技术在跨境流动中高度依赖技术标准的一致性,若各国在技术体系、认证程序与监管规范上差异较大,将增加项目采购、安装与运维的制度成本。“丝路电商”通过提供可信的制度环境与内置机制协调,为技术标准在跨国间的扩散创造了有利条件。在市场层面,“丝路电商”为市场型技术标准扩散提供了可信的制度环境。平台要求产品信息、技术参数和履约记录透明化,使企业能够在可比、可验证的环境中选择兼容性更高、应用更广的技术方案(姚星等,2025)。制度背书降低了企业采纳主流标准的风险,交易规模的扩大进一步形成网络外部性,使技术方案在市场中自然收敛,提高跨境能源项目的对接效率与运行稳定性。在制度层面,“丝路电商”通过内置的制度协同推动制度型标准的对接。技术标准的落地还需在不同监管体系之间进行调整与适应(王茜等,2025),政府间在“丝路电商”框架下开展常态化对话,逐步推进程序简化、结果互认,减少了监管体系之间的断点,使认证和检测流程在合作国间逐步收敛。随着监管要求趋同,企业在跨境采购、运输和替换能源设备时所面临的制度摩擦减少,合作的可预期性也随之增强。

(2)治理能力提升机制。从国际治理看,“丝路电商”通过规则共建,增加了各国签订数字贸易规则的深度与广度。平台运行要求跨境交易在通关、物流、支付、认证和数据处理等多个环节形成可衔接的制度链条,使原本停留在个别领域的政策协同向全流程规则对接转变,从而推动规则广度的扩大。同时,在持续的合作实践

中,促使参与国家在履约责任、信息披露、风险分担等方面形成更加明确、可验证和可执行的制度安排,推动规则在深度上不断强化,促进国家国际治理能力不断提升、规则约束力不断增强,降低跨境能源要素流动面对的制度不确定性(彭羽等,2025)。从国内治理看,国内治理能力决定了规则是否能够稳定落地。“丝路电商”推动通关、申报、认证等流程的数字化,使行政程序更加透明、可追溯,提高了政策执行的一致性和实时性,从而减少因监管口径差异或审批延迟引发的制度摩擦。同时,政府效能、监管质量与法治水平的提升,为数字规则的稳定落地提供了更坚实的制度环境,提高了市场主体对政策的信任与预期。国内治理能力的进阶使跨境能源网络在面对外部冲击时具备更高的响应速度与协调能力,有助于维持网络运行的连续性。基于此,本文提出:

假设3 “丝路电商”通过技术标准扩散和治理能力提升,促进能源网络韧性。

二、研究设计

(一)实证模型

本文采用多期双重差分模型识别以“丝路电商”为抓手的制度型开放对全球能源网络韧性的影响。为了准确识别政策处理效应的异质性与动态性,同时控制国家对的非时变特征,参考Lu和Yu(2015)的做法,设定如下模型:

$$ETDI_{ijt} = \alpha + \beta(Treat_i \times Post_t) + \gamma X_{ijt} + \lambda_t + \mu_{ij} + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

式(1)中,被解释变量 $ETDI_{ijt}$ 表征 t 年国家 i 对国家 j 的能源贸易是否发生断裂,即能源贸易韧性。核心解释变量 $Treat_i \times Post_t$ 表示 i 国家在 t 年份是否加入“丝路电商”,其系数 β 反映以“丝路电商”为抓手的制度型开放对全球能源网络韧性的影响。控制变量集 X_{ijt} 涵盖双边经济、资源、发展水平等引力模型差距要素;双边固定效应为 μ_{ij} ,控制出口国 i 与进口国 j 之间所有不随时间变化的双边特征;年份固定效应为 λ_t ; ε_{ijt} 为随机扰动项。

(二)变量选取与测算

1. 被解释变量

能源网络韧性($ETDI$)。能源网络韧性是特定国家间能源贸易关系抵御外部冲击、维持供需稳定的能力,其核心表征为贸易链接的持续性与抗断裂性。基于联合国商品贸易统计数据库的年度双边能源贸易流量数据,分别构建化石能源与新能源贸易断裂指标,具体测度方法如下:

(1)能源贸易断裂识别标准。对于任意国家对(i, j),定义能源贸易链在 $t+1$ 期发生断裂需要同时满足以下两个条件:

贸易骤降条件。 $Export_{ijt}^{t+1} < \theta Export_{ijt}^t$, 其中阈值 θ 参照国际能源署供给安全准则设定为 0.2,即后续年度出口量降幅超过 80%。

持续性条件。该贸易流量在 $t+2$ 期未能恢复至阈值以上。该条件可以避免将短期技术性中断误判为结构性断裂。

$$(2) \text{ 二元虚拟变量构建。} ETDI_{ij}^{m, t} = \begin{cases} 1 & \text{国家 } i \text{ 对国家 } j \text{ 的 } m \text{ 类能源出口} \\ & \text{在 } t+1 \text{ 期发生断裂} \\ 0 & \text{国家 } i \text{ 对国家 } j \text{ 的 } m \text{ 类能源出口} \\ & \text{在 } t+1 \text{ 期未发生断裂} \end{cases}$$

其中, $m \in \{oil(\text{化石能源}), solar(\text{新能源})\}$ 表征能源品类。选择石油(HS2709)作为化石能源的基础数据, 因为石油具有能源结构的主导性。石油在全球一次能源消费中占比达 31.2%, 显著高于煤炭和天然气, 其国际贸易网络覆盖 195 个国家(地区)^①。同时, 石油供应链具有长距离输送和地缘敏感的双重特征, 更易反映能源贸易网络韧性变化。选择光伏组件(HS854140)作为新能源表征指标的科学性在于光伏组件技术代际代表性强, 是新能源转型的基石技术^②。而且, 光伏贸易网络涉及半导体材料、逆变器等跨行业协同, 断裂风险的传导更加复杂。

2. 核心解释变量

制度型开放, 代理变量为“丝路电商”(FZ)。制度型开放是通过规则对接、标准互认、治理协同等制度性安排降低非关税壁垒, 核心在于构建基于规则的互操作性, 侧重于制度软环境的国际协同。同时, 商务部《“十四五”电子商务发展规划》明确将“丝路电商”定位为制度型开放压力测试平台, 其通过先行先试国际高标准数字规则, 推动国内监管体系与国际接轨, 形成制度创新外溢效应。因此, 本文使用“丝路电商”作为制度型开放的代理指标。

“丝路电商”作为制度型开放的准自然实验, 由处理组与控制组的分组变量 $Treat$ 与时间虚拟变量 $Post$ 交乘构成。其中, $Treat$ 用于识别某国在研究期内是否与中国缔约“丝路电商”合作, 若缔约则赋值为“1”, 否则赋值为“0”。处理组国家包括乌兹别克斯坦、俄罗斯、冰岛、匈牙利等 33 个国家^③, 数据来源于全国电子商务公共服务网。 $Post$ 表示某国是否在第 t 年及其后的年度开始实施“丝路电商”合作, 是则 $Post$ 赋值为“1”, 不是则赋值为“0”。

为了进一步检验并有效控制“丝路电商”合作实施时间可能存在的内生性问题, 参考叶世雄和蔡一鸣(2024)的方法, 分别加入“丝路电商”合作前一期、前二期和前三年的年份虚拟变量与 $Treat_i$ 变量形成的交互项 $Pre1$ 、 $Pre2$ 和 $Pre3$, 以捕捉“丝路电商”实施前的预期对能源网络韧性可能产生的先导效应。估计结果如表 1 所示, 作为先导效应识别参数的前置项 $Pre1$ 、 $Pre2$ 和 $Pre3$ 的回归系数未通过显著性检验。这意味着处理组与控制组之间不存在显著的预期偏差, 政策冲击的准自然实验设计具备外生性特征, 保证了本文结论的可信度。

①资料来源:《世界能源统计年鉴(2023)》, <https://kpmg.com/cn/zh/home/campaigns/2023/10/statistical-review-of-world-energy-2023.html>(访问日期 2025-04-03)。

②资料来源:IRENA《World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway》, <https://www.irena.org/publications/2022/Mar/World-Energy-Transitions-Outlook-2022>(访问日期 2025-04-03)。

③本文处理组国家包括: 乌兹别克斯坦、俄罗斯、冰岛、匈牙利、卢旺达、印度尼西亚、哈萨克斯坦、哥伦比亚、塔吉克斯坦、塞内加尔、塞尔维亚、奥地利、巴基斯坦、巴拿马、巴林、巴西、意大利、新加坡、新西兰、智利、柬埔寨、泰国、澳大利亚、爱沙尼亚、瓦努阿图、白俄罗斯、科威特、老挝、菲律宾、萨摩亚、越南、阿根廷、阿联酋。

表 1 预期效应分析结果

项目	传统化石能源			新能源		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>FZ</i>	-0.001 7*** (0.000 4)	-0.124 9*** (0.032 3)	-0.118 9*** (0.029 0)	-0.007 3*** (0.000 8)	-0.007 2*** (0.000 6)	-0.006 9*** (0.000 6)
<i>Pre1</i>	-0.000 2 (0.000 3)	—	—	0.001 2 (0.000 8)	—	—
<i>Pre2</i>	—	0.006 6 (0.027 7)	—	—	0.001 7 (0.002 0)	—
<i>Pre3</i>	—	—	0.102 0 (0.129 0)	—	—	-0.000 3 (0.000 5)
常数项	0.002 3*** (0.000 2)	0.226 7*** (0.020 4)	0.225 8*** (0.020 4)	0.008 7*** (0.000 4)	0.008 7*** (0.000 4)	0.008 7*** (0.000 4)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
双边固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	836 559	798 525	760 500	836 559	798 525	760 500
<i>R</i> ²	0.103 4	0.103 4	0.103 4	0.117 6	0.117 6	0.117 6

注：*、**和***分别代表估计系数在10%、5%和1%的水平上显著，括号内的数值为稳健标准误。下表同。

3. 机制变量

(1) 电商属性机制，包括供应链优化和网络扁平化。供应链优化数据选取世界银行《物流绩效指数》(LPI)数据库^①。LPI反映了各国在跨境物流环节的通关效率、运输基础设施质量及供应链协同能力，能够有效刻画电商平台对跨境能源运输效率的改善作用。依据全球价值链韧性理论，供应链优化主要体现在时效性、成本竞争力和不确定性的降低三个方面。首先，时效性，选取LPI中的通关效率和货物准时送达率两项指标。较高的通关效率和准时送达率代表能源产品在出口、检验与放行环节的时效性较强，有助于供应链的顺畅衔接。其次，成本竞争力选取国际装运能力与物流服务能力指标。前者反映运输路径与海运价格的竞争性，后者体现物流体系的综合效率，两者均能衡量供应链成本控制水平。最后，不确定性维度使用货物追踪能力指标，以刻画供应链的透明度和可预测性。追踪能力越高，能源跨境运输过程的可视化程度越强，外部干扰风险越低。

网络扁平化机制，根据UCINET软件测算能源贸易网络的结构特征，选取度数中心度与节点间最短路径长度指标来表征网络结构分散化与网络效率。首先，网络结构分散化采用各国节点的度数中心度计算能源贸易网络中连接关系的集中性并反向表示。其次，网络效率使用两节点间最短路径指标测算网络的连通效率。平均最短路径越短，表示能源贸易在全球网络中存在更多替代性通道和冗余路径，网络整体传导效率与抗冲击能力更强。

①资料来源：世界银行LPI数据库，<https://lpi.worldbank.org>(访问日期2025-04-03)。

(2)制度属性机制,包括技术标准扩散和治理能力提升。技术标准扩散数据源于 IncoPat 专利数据库^①,使用中国申请人在中国大陆以外的其他专利受理局的专利数据表示技术标准扩散。同时,参考周浩和邓雪莲(2025)的做法,进一步将技术标准扩散划分为快慢扩散专利,其中快扩散专利对应市场驱动型技术标准,运用其迅速被引的特征反映行业共识形成的效率;慢扩散专利则体现规制对接型技术标准,需经历制度协调与本土化改良才能实现制度外溢。

治理能力提升,包括国际治理参与和国内治理保障。国际治理参与通过各国在数字贸易规则中的广度和深度衡量,数据来源于 TAPED 数据库^②。数字贸易规则广度将所有数字条款的硬约束加权求和,深度则使用协定中涉及数字领域条款的数量占总条款的数量衡量。国内治理保障反映各国内部制度执行与政策协调能力。本文选取世界银行 WGI 数据库^③的政府效能、监管质量与法治水平三项指标,代表“丝路电商”在国内的落实与治理协同能力。

4. 控制变量

本文在回归模型中纳入多维控制变量,以控制潜在混杂因素对能源网络韧性的干扰。首先,经济结构维度,包括:①能源消费总量(m),采用各国一次能源消费总量(百万吨油当量),取对数处理,以控制能源需求规模对贸易网络密度的内生影响;②外商直接投资(fdi),以 FDI 净流入量占 GDP 比重衡量,FDI 通过技术溢出效应可能改变能源贸易模式;③私人能源投资(nt),采用私营部门对能源基础设施的投资,取对数,以捕捉市场力量对能源网络升级的驱动作用。其次,资源禀赋维度,包括自然资源租金(zj),计算石油、天然气及矿产租金总和占 GDP 比重。高资源依赖型经济体可能面临资源诅咒对能源贸易韧性的抑制。再次,宏观经济维度,经济发展水平(gdp)以实际 GDP(2015 年不变价美元)为基础,取人均 GDP 对数形式,以控制经济发展阶段对能源网络复杂度的影响。最后,政治社会维度,突发流离失所(zz)采用国内流离失所者人数,经人口标准化后取对数,地缘冲突通过基础设施损毁影响能源运输通道稳定性;政治环境稳定(po)基于政治稳定与无暴力指数,政治风险通过政策不确定性渠道削弱能源网络韧性。以上数据均计算两国之间的差,数据来源于世界银行发展数据库^④。

(三)数据来源与处理

本文以 2002—2024 年间全球能源贸易为研究样本,构建双边国家层面面板数据。数据整理过程如下:首先,依据联合国商品贸易统计数据库(UN Comtrade)^⑤提供的国家间能源产品年度出口流量数据,选取石油(HS2709)和光伏组件(HS854140)作为化石能源与新能源的代表性产品,用以识别贸易报告国与伙伴国

①资料来源:IncoPat 专利数据库, <https://www.incopat.com/>(访问日期 2025-04-03)。

②资料来源:TAPED 数据库, <https://unilu.ch/taped/>(访问日期 2025-04-03)。

③资料来源:世界银行 WGI 数据库, <https://www.govindicators.org/>(访问日期 2025-04-03)。

④篇幅所限,详细表格备索。凡备索资料均可登录对外经济贸易大学学术刊物编辑部网站“在线阅读”栏目查询、下载。

⑤资料来源:联合国商品贸易统计数据库, <https://comtradeplus.un.org/>(访问日期 2025-04-03)。

之间的双边能源贸易关系。其次，依据贸易流量的年度变化，识别能源贸易在相邻年份的断裂事件，以衡量能源网络的韧性特征。最后，根据 ISO 标准统一国家三位字母代码，与世界银行 WDI 数据库^①进行匹配，获取各国宏观经济、政治社会等控制变量，计算报告国与伙伴国的差额。在数据清洗环节，为了保证样本的可靠性与可比性，剔除报告国或伙伴国大量缺失贸易记录的样本，剔除主权不确定或统计口径不一致的地区性样本。此外，为了消除年度缺失带来的序列不连续性，对部分宏观控制变量采用线性插值法进行补全，最终获得 2002—2024 年间涵盖 195 个国家（地区），约 87 万个国家对一年度观测值的面板数据集。

三、实证分析

（一）基准回归结果分析

表 2 报告了式(1)基准模型估计结果。列(1)和列(2)为化石能源样本，列(3)和列(4)为新能源样本。核心解释变量“丝路电商”的回归系数均在 1%显著水平上为负，表明制度型开放有效抑制了能源贸易链断裂风险，提升了网络的稳定性。在控制能源消费、投资等因素后，该结论依然稳健，验证了假说 1。

表 2 基准回归结果

项目	化石能源		新能源	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>FZ</i>	-0.087 6 *** (0.027 6)	-0.088 4 *** (0.027 7)	-0.647 2 *** (0.053 0)	-0.636 2 *** (0.053 2)
常数项	0.229 8 *** (0.004 1)	0.228 6 *** (0.020 4)	0.879 8 *** (0.007 9)	0.881 7 *** (0.039 2)
控制变量	否	是	否	是
时间固定效应	是	是	是	是
双边固定效应	是	是	是	是
观测值	874 575	874 575	874 575	874 575
R ²	0.103 3	0.103 4	0.117 6	0.117 6

为了进一步识别“丝路电商”对能源贸易网络重构的韧性影响，使用动态演化的数据结构，定义恢复与转移两类韧性指标(丁浩员等，2024)。其中，恢复指前期能源贸易关系发生断裂后在后续时期重新建立贸易联系的情形，取值为“1”，否则取值为“0”，反映贸易关系的可逆性与网络自愈能力；转移表示原有贸易关系中断后，与第三方国家新建立替代性贸易关系的情形，取值为“1”，否则取值为“0”，代表网络结构的重构能力与替代路径弹性。

^①资料来源：世界银行 WDI 数据库，<https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>（访问日期 2025-04-03）。

如表3所示,“丝路电商”对贸易关系恢复的回归系数为0.3175和0.3841,表明在制度型开放背景下,“丝路电商”提升了原有贸易联系的可恢复性,降低了贸易断裂的持续性与不可逆性,从而增强了网络的自愈韧性。同时,“丝路电商”对贸易关系转移的系数为0.1560和0.3641,表明即便原始贸易路径中断,“丝路电商”平台仍能通过数字化匹配等促成能源出口目的地的多样化,提升网络的替代性韧性。

表3 能源贸易网络韧性重构结果

项目	化石能源恢复	化石能源转移	新能源恢复	新能源转移
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>FZ</i>	0.3175*** (0.0392)	0.1560*** (0.0254)	0.3841*** (0.0682)	0.3641*** (0.0359)
常数项	0.4551*** (0.0289)	0.1695*** (0.0187)	0.4942*** (0.0502)	0.4032*** (0.0264)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
双边固定效应	是	是	是	是
观测值	874575	874575	874575	874575
R^2	0.1073	0.0422	0.1226	0.0429

(二)DID 有效性检验

1. 平行趋势检验

使用渐进双重差分法的前提是处理组与控制组在“丝路电商”实施前满足平行趋势假设。本文以加入“丝路电商”合作平台前一年为基期,绘制平行趋势图。图1和图2显示,在“丝路电商”合作平台建立前,处理组国家与控制组国家在化石能源网络断裂次数和新能源网络断裂次数上的变动趋势基本一致,差异不显著;加入平台后,处理组的断裂次数显著下降,符合平行趋势假设。

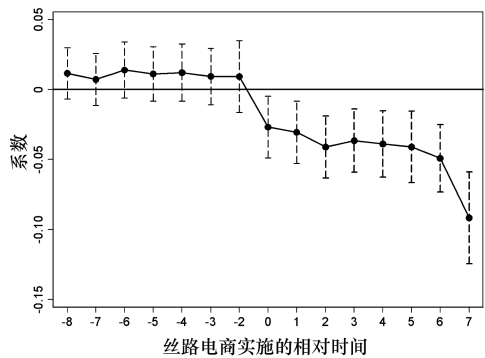


图1 化石能源平行趋势检验

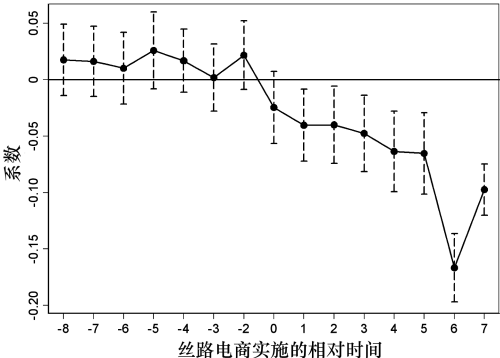


图2 新能源平行趋势检验

2. 异质性处理效应检验

Goodman-Bacon (2021) 研究表明, 多期双重差分估计量是数据中所有可能的两组或两期 DID 估计量的加权平均, 其权重取决于样本分布与处理时序结构。这意味着估计结果可能因控制组选择偏差而产生系统性偏误。鉴于此, 本文使用 Bacon 分解方法对估计结果进行解析。表 4 结果显示, “丝路电商”对能源网络韧性的总体影响主要来源于时变处理组与从未处理组之间的差异。该项权重在化石能源样本中为 95.79%, 在新能源样本中为 91.94%, 且对应的估计系数均为负, 表明“丝路电商”降低了能源网络的断裂概率, 增强了能源网络韧性, 基准回归结果有效。

表 4 异质性处理效应检验结果

化石能源			新能源		
组别比较	权重	估计系数	组别比较	权重	估计系数
时变处理组	0.030 4	-0.022 2	时变处理组	0.068 9	-0.256 8
两者之间	0.012 1	0.011 7	两者之间	0.011 7	0.290 7
时变处理组 vs. 从未处理组	0.957 9	-0.078 9	时变处理组 vs. 从未处理组	0.919 4	-0.683 3

注: Bacon 分解时未纳入控制变量, 并与“丝路电商”实施的层面一致, 选择双边固定效应与年份固定效应。

3. CSDID 检验

为了进一步检验多期双重差分估计结果的稳健性, 采用 Callaway 和 Sant’anna (2021) 提出的 CSDID 方法进行再估计。表 5 结果显示, “丝路电商”对化石能源和新能源网络韧性的影响具有稳健性, FZ 估计系数分别为-0.014 1 和-0.456 7, 进一步验证了“丝路电商”在不同时间处理组下的稳健促进效应。

表 5 CSDID 检验结果

项目	化石能源	新能源
FZ	-0.014 1 *** (0.000 9)	-0.456 7 *** (0.001 8)
控制变量	是	是
时间固定效应	是	是
双边固定效应	是	是
样本量	874 575	874 575

(三) 内生性问题处理

1. 随机化推断

为了强化因果识别的可靠性, 引入 Fisher 零假设的随机化推断方法(马慧, 2024), 对加入“丝路电商”的国家集合进行 1 000 次随机置换, 每次随机指定处理组与控制组, 计算对应的处理效应估计值, 最终构建起零假设下的反事实效应分布。结果显示, 化石能源网络与新能源网络的真实处理效应在随机化分布中均呈现

显著异常值特征，两类网络的随机化检验 P 值均低于 1% 临界值。这表明基准回归中发现的制度型开放对能源网络韧性的促进效应，极不可能由处理组与控制组的随机分配所导致，进一步确证了“丝路电商”对能源网络韧性的真实提升作用。

2. PSM-DID

采用倾向得分匹配双重差分模型 (PSM-DID) 缓解潜在的选择偏误。匹配后样本通过了协变量平衡性检验，所有变量的标准化偏差均小于 10%，核心变量的均值差异降低，重叠区域占比提升，有效规避了极端值样本对因果推断的干扰。表 6 PSM-DID 的回归结果显示，无论是使用权重非空样本、满足共同支撑假设的子样本，还是频数加权回归方法，核心解释变量系数均显著为负，证实了基准模型结论的可靠性。

表 6 PSM-DID 回归结果

项目	化石能源			新能源		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>FZ</i>	-0.162 5 ** (0.073 8)	-0.075 6 ** (0.035 3)	-0.172 7 *** (0.011 5)	-0.314 8 * (0.174 6)	-0.636 1 *** (0.053 2)	-0.265 8 * (0.145 8)
常数项	0.310 1 *** (0.094 7)	0.306 8 *** (0.029 4)	0.342 8 *** (0.013 6)	1.573 7 *** (0.230 2)	0.881 8 *** (0.039 2)	1.570 4 *** (0.187 3)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
双边固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	93 837	874 485	120 382	71 266	840 860	178 300
R ²	0.326 6	0.102 0	0.876 5	0.267 6	0.117 6	0.451 4

3. 安慰剂检验

图 3 和图 4 呈现了安慰剂检验下回归系数的核密度分布情况。结果显示，在 500 次随机抽样的试验下，不同结果的回归系数呈现出以零为中心的对称分布，且 P 值明显高于 0.1。本文基准回归中的真实估计系数在安慰剂检验分布中表现为异常值，意味着“丝路电商”的能源网络韧性提升效果并非偶然观测到的意外结果。

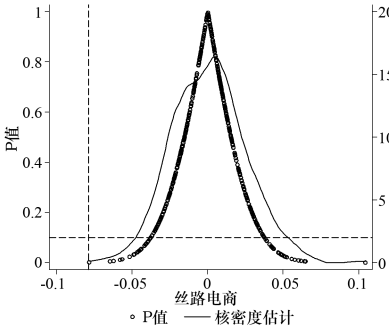


图 3 化石能源安慰剂检验

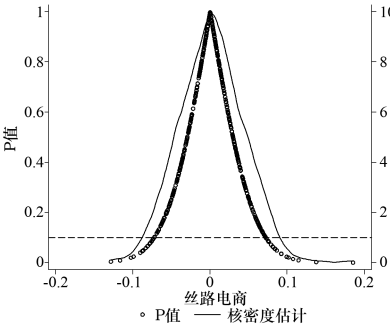


图 4 新能源安慰剂检验

(四) 稳健性检验

1. 排除外生事件冲击

考虑到疫情和俄乌冲突对全球能源网络造成的跨境运输受阻、贸易壁垒上升和需求剧烈波动等突发性扰动，本文剔除了 2020—2022 年的样本数据，以排除非常规冲击对估计结果的干扰。表 7 显示，剔除后，“丝路电商”变量的系数方向和显著性与基准回归保持一致。

表 7 排除外生事件冲击的回归结果

项目	化石能源	新能源
<i>FZ</i>	-0.117 3 ^{***} (0.034 6)	-0.652 0 ^{***} (0.066 2)
常数项	0.251 6 ^{***} (0.022 1)	0.909 3 ^{***} (0.042 3)
控制变量	是	是
时间固定效应	是	是
双边固定效应	是	是
样本量	760 500	760 500
<i>R</i> ²	0.112 6	0.125 4

2. 其他稳健性检验

构建二元虚拟变量，当两国存在两期以上能源贸易关系时，取值为“1”，否则取值为“0”。表 8 估计结果显示，加入“丝路电商”可以提升两国保持稳定能源贸易的概率。同时，参考沈国兵和沈彬朝(2024)的做法，将能源网络的持续稳定状态视为生存事件，采用纯参数模型和半参数比例风险模型进行检验。结果显示，“丝路电商”增强了能源网络持续生存的概率，提高了全球能源网络韧性。

表 8 其他稳健性检验结果

项目	化石能源			新能源		
	持续存在	全参数	半参数	持续存在	全参数	半参数
<i>FZ</i>	0.032 1 ^{***} (0.005 1)	0.096 8 ^{***} (0.005 9)	0.148 5 ^{***} (0.009 0)	0.037 9 ^{***} (0.008 7)	0.252 6 ^{***} (0.008 4)	0.322 0 ^{***} (0.010 5)
常数项	-0.147 8 ^{***} (0.003 7)	1.079 6 ^{***} (0.003 3)	—	-0.691 9 ^{***} (0.006 4)	1.093 7 ^{***} (0.003 6)	—
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
双边固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	874 575	874 575	874 575	874 575	874 575	874 575
<i>R</i> ²	0.502 3	—	—	0.688 0	—	—

四、进一步分析

(一) 电商属性的机制分析

1. 供应链优化

本文选取海关与边境管理效率、准时送达率衡量运输时效；货物追踪与监控能力衡量物流可视化水平，其提升意味着运输过程中的不确定性降低；物流服务能力与国际装运竞争力体现了跨境物流体系的成本效率。表 9 供应链优化机制的回归结果显示，“丝路电商”的回归系数均为正且在 1% 显著水平上通过检验，说明“丝路电商”可以优化供应链，有助于提升能源贸易网络韧性。

表 9 供应链优化机制检验结果

项目	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	海关与边境 管理效率	准时送达率	货物追踪与 监控能力	物流服务能力	国际装运 竞争力
FZ	0.069 6*** (0.010 0)	0.154 2*** (0.010 4)	0.018 8*** (0.001 1)	0.134 3*** (0.010 4)	0.041 7*** (0.002 1)
常数项	1.390 1*** (0.007 4)	1.391 3*** (0.007 7)	0.145 9*** (0.000 8)	1.429 3*** (0.007 6)	0.655 7*** (0.001 6)
控制变量	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是
双边固定效应	是	是	是	是	是
观测值	874 575	874 575	874 575	874 575	874 575
R ²	0.646 9	0.607 4	0.635 4	0.646 6	0.668 4

2. 网络扁平化

本文以网络中心度衡量替代路径的集中程度，以最短路径长度反映网络运行效率。表 10 列(1)和列(3)系数均显著为负，表明“丝路电商”降低了网络中心度，推动了能源贸易网络由集中结构向扁平化方向演进。列(2)和列(4)的回归系数同样显著为负，说明“丝路电商”缩短了节点间最短路径，提升了网络连通效率，有助于增强能源网络应对突发事件的韧性水平。假说 2 得证。

表 10 网络扁平化机制检验结果

项目	(1)	(2)	(3)	(4)
	化石能源中心度	化石能源最短路径	新能源中心度	新能源最短路径
<i>FZ</i>	-0.020 5 *** (0.001 4)	-0.037 5 *** (0.006 9)	-0.014 9 *** (0.002 2)	-0.125 7 *** (0.005 4)
常数项	0.409 7 *** (0.001 1)	2.869 0 *** (0.005 1)	1.184 3 *** (0.001 6)	5.117 4 *** (0.004 0)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
双边固定效应	是	是	是	是
观测值	874 575	874 575	874 575	874 575
R^2	0.868 2	0.722 5	0.945 8	0.727 4

(二) 制度属性的机制分析

1. 技术标准扩散

表 11 列(1)显示,“丝路电商”加速了技术标准的跨境扩散。同时,将专利出海变量按照技术标准扩散特征进行异质性拆分,区分为快扩散—慢衰减型与慢扩散—慢衰减型。表 11 列(2)和列(3)显示,“丝路电商”对两类标准扩散的系数均为正且在 1%显著水平上通过检验,表明“丝路电商”促进了市场驱动型标准与规制主导型标准的扩散路径,增强了能源贸易网络韧性。

表 11 技术标准扩散机制检验结果

项目	(1)	(2)	(3)
	技术标准扩散	快扩散—慢衰减	慢扩散—慢衰减
<i>FZ</i>	0.169 8 *** (0.003 6)	0.202 6 *** (0.003 9)	0.320 2 *** (0.004 1)
常数项	-0.075 9 *** (0.002 7)	-0.101 5 *** (0.002 9)	-0.164 4 *** (0.003 0)
控制变量	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
双边固定效应	是	是	是
观测值	874 575	874 575	874 575
R^2	0.347 9	0.388 9	0.401 6

2. 治理能力提升

本文以国际高标准数字经贸规则的广度与深度衡量成员方的国际治理能力，以政府治理效率、监管质量和法治水平反映其国内治理的执行与协调能力。表 12 列(1)显示，高标准数字贸易协定规则广度的系数为 0.094 2，列(2)规则深度的系数为 0.073 9，表明“丝路电商”提升了成员方的国际规则参与，强化了其国际治理水平。在国内治理维度，“丝路电商”促进了成员方政府效能、监管质量与法治水平的提升，为国际规则的执行与协同提供了有力支撑，验证了假说 3。

表 12 全球治理能力机制检验结果

项目	(1)	(2)	(3)	(5)	(6)
	数字经贸规则广度	数字经贸规则深度	政府效能	监管质量	法治水平
<i>FZ</i>	0.094 2 *** (0.005 9)	0.073 9 *** (0.004 8)	0.093 6 *** (0.001 8)	0.073 3 *** (0.001 9)	0.059 9 *** (0.001 5)
常数项	-0.335 0 *** (0.005 4)	-0.291 3 *** (0.004 4)	0.035 1 *** (0.001 7)	0.035 2 *** (0.001 7)	-0.002 3 * (0.001 3)
控制变量	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是
双边固定效应	是	是	是	是	是
观测值	628 509	628 509	617 610	617 610	617 610
R ²	0.775 1	0.797 9	0.944 4	0.940 0	0.962 7

(三) 内外联动的能源网络韧性影响

为了进一步识别“丝路电商”和跨境电子商务综合试验区的联动，引入 *FZ*×跨境电子商务综合试验区交互项，考察二者在促进能源网络韧性方面的协同作用。其中，跨境电子商务综合试验区自 2015 年起在中国陆续设立，其在通关便利化、跨境支付等领域与“丝路电商”高度契合。因此，构建时间虚拟变量，若样本年份 *t* 不早于 2015 年则赋值为“1”，否则赋值为“0”。表 13 列(1)和列(2)结果表明，交互项系数显著为正，说明跨境电商综合试验区的国内政策与“丝路电商”的国际制度在功能上互为补充，共同强化了能源网络韧性。

(四) 制度型开放的全球能源治理收敛分析

为了刻画“丝路电商”是否能推动成员方能源治理能力向全球前沿收敛，本文选取美国作为能源治理基准国，基于世界银行可持续能源监管指数构造各国与美国之间的治理差距指标，并据此考察“丝路电商”的制度效应。表 13 列(3)显示，“丝路电商”对能源治理差距的回归系数为-0.015 0，在 1%的水平上显著，表明“丝路电商”作为制度型开放的重要平台，有助于缩小成员方与核心国家之间的能源治理差距。进一步地，列(4)引入“一带一路”能源合作伙伴关系与“丝路电商”的交互项，系数为-0.017 0，说明“丝路电商”的制度型开放效应在“一带一路”能源合作伙伴关系中的国家更为突出。

表 13 内外联动的能源网络韧性和制度型开放的全球能源治理收敛结果

项目	(1)	(2)	(3)	(4)
	化石能源	新能源	治理收敛	治理收敛 ^①
<i>FZ</i> ×跨境电子商务综合试验区	-0.121 9 *** (0.042 3)	-0.870 1 *** (0.081 4)	—	—
<i>FZ</i>	—	—	-0.015 0 *** (0.0016)	-0.187 9 *** (0.006 4)
<i>energy_member</i> × <i>FZ</i>	—	—	—	-0.017 0 *** (0.003 5)
常数项	0.227 8 *** (0.020 4)	0.875 5 *** (0.039 2)	2.325 0 *** (0.001 4)	20.060 6 *** (0.003 4)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
双边固定效应	是	是	是	是
观测值	874 575	874 575	682 584	140 532
R ²	0.103 4	0.117 6	0.987 4	0.993 2

注：①表示“一带一路”能源合作伙伴关系下的治理收敛。

五、研究结论和政策启示

本文基于 2002—2024 年 195 个国家(地区)的双边能源贸易数据，构建化石能源与新能源网络韧性指标，从制度型开放的视角考察“丝路电商”对全球能源网络韧性的影响。研究结论如下：一是制度型开放增强了能源网络韧性。“丝路电商”的建设有效降低了跨境能源贸易关系的断裂概率，并促进贸易关系的恢复与重构，增强了能源网络的自愈性与替代性，整体上提高了能源贸易体系抵御外部冲击的能力。二是制度型开放通过电商属性和制度属性作用于能源网络韧性。电商属性通过供应链优化和网络扁平化提升了能源贸易的流通和节点直连；制度属性则通过技术标准扩散和治理能力提升改善了能源合作的技术兼容和制度环境。三是跨境电子商务综合试验区的设立强化了“丝路电商”的制度型开放效应。同时，“丝路电商”推动“南方国家”融入全球能源治理体系，缩小了与核心国家在能源治理能力上的差距，并且该影响在“一带一路”能源合作伙伴关系下更为突出，促进了全球能源治理格局向更加均衡、协同的方向演进。

基于上述结论，本文得出以下政策启示：其一，以制度型开放为抓手，将“丝路电商”纳入能源安全与韧性建设体系。在与合作国签署或续签“丝路电商”合作文件时，专章纳入能源商品的通关、检验、结算、争端协商机制，将保障关键能源供应连续性确立为合作目标。同时，定期监测双边能源贸易量的异常波动，利用“丝路电商”平台的实时数据实现风险识别与快速响应。一旦出现断链风险，可通过平台撮合替代路径，缩短网络自愈时间。其二，同步发挥电商属性和制度属性，构建能源贸易的数字供应链与规则体系。一方面，应在重点港口和能源走廊布局能源跨境电商物流

节点,推动报关、检测、装卸、仓储等环节的数字化改造,提升通关效率、追踪能力和准时送达率,降低跨境能源物流的不确定性和交易成本。另一方面,围绕光伏、电网等重点领域推动可交易技术标准出海,将成熟的中国标准转化为可推广的规则技术一体化解决方案,通过“丝路电商”机制与合作国开展标准互认试点。同时,面向伙伴国开展数字能源治理能力建设项目,支持其在监管质量、法治水平和数字治理方面的提升,实现制度环境的持续改进。其三,强化国内试验区、“一带一路”与制度型开放的联动,支持“南方国家”治理能力提升。发挥跨境电子商务综合试验区的示范带动作用,在试验区内设立能源贸易功能区,聚焦能源产品的数字通关、电子单证、跨境支付等制度创新。将试验区内成熟的制度与技术方案通过“丝路电商”合作机制向“一带一路”能源合作伙伴输出,形成可复制、可推广的国际规则模板。

[参考文献]

- [1] 丁浩员,董文娟,余心珂.贸易政策冲击下的跨国供应链断裂与重构研究[J].经济研究,2024,59(8): 95-113.
- [2] 黄新华.从要素流动型开放到制度型开放:动因、目标与路径[J].海南大学学报(社会科学版),2026,44(1): 10-17+245.
- [3] 康茂楠,马然,刘娟.跨境电子商务与制造企业出口韧性——兼论“数实”融合稳出口的现实路径[J].国际商务——对外经济贸易大学学报,2025(3): 96-117.
- [4] 吕建兴,王艺,张少华.FTA能缓解成员国对华贸易摩擦吗——基于GTA国家—产品层面的证据[J].数量经济技术经济研究,2021,38(5): 114-134.
- [5] 马慧.中小企业权益保护与创新活动[J].世界经济,2024,47(12): 193-218.
- [6] 马梦涓,余紫菱,马莉莉.制度型开放推动的全球数字服务贸易平衡性重构——来自“丝路电商”合作的证据[J].南方经济,2025(10): 18-38.
- [7] 马述忠,王晔辰,房超.制度型开放与跨境电商出口:基于“丝路电商”合作备忘录的研究[J].浙江社会科学,2024(2): 78-90+158.
- [8] 彭羽,杨碧舟,曾侯哲.“丝路电商”国际合作是否提升了数字服务的出口复杂度——基于协议签署国视角[J].国际贸易问题,2025(5): 67-83.
- [9] 任婉婉,林天汉,郝宇倩.“丝路电商”合作与中国对外贸易增长[J].国际贸易问题,2024(9): 123-139.
- [10] 沈国兵,沈彬朝.高标准贸易协定与全球供应链韧性:制度环境视角[J].经济研究,2024,59(5): 151-169.
- [11] 王茜,张晓飞,孙玉涛.标准联盟权力结构与技术标准形成[J].科学学研究,2026,44(3): 529-540.
- [12] 王如雪,于津平.制度型开放赋能全要素生产率的效应评估[J].国际经贸探索,2025,41(4): 75-90.
- [13] 王小林,兰松.“数字丝绸之路”数据跨境流动机制:逻辑框架与路径选择[J].人文杂志,2025(3): 46-56.
- [14] 魏友岳,刘洪铎.经济政策不确定性对出口二元边际的影响研究——理论及来自中国与其贸易伙伴的经验证据[J].国际商务——对外经济贸易大学学报,2017(1): 28-39.
- [15] 肖兴志,王振宇,章立.制度型开放与经济韧性:来自渐进式自贸试验区设立的证据[J].财贸经济,2025,46(2): 5-20.
- [16] 姚星,蔡重阳,秦志龙.对接国际高标准如何助推国内企业效率变革[J].数量经济技术经济研究,2025,42(11): 87-109.
- [17] 叶世雄,蔡一鸣.“丝路电商”国际合作如何影响中国数字服务贸易[J].世界经济研究,2024(1): 89-104+137.
- [18] 原倩.规则、规制、管理、标准的内在关系及推进制度型开放的主攻方向[J].经济学家,2024(8): 56-66.
- [19] 周浩,邓雪莲.海外知识产权对中国出口国内增加值的影响:来自出海专利的证据[J].数量经济技术经济研究,2025,42(2): 90-108.

- [20] ACEMOGLU D, AGHION P, BURSZTYN L, et al. The Environment and Directed Technical Change[J]. *American Economic Review*, 2012, 102(1): 131–166.
- [21] CALLAWAY B, SANT'ANNA P H C. Difference-in-Differences with Multiple Time Periods[J]. *Journal of Econometrics*, 2021, 225(2): 200–230.
- [22] FLORINI A, SOVACOL B K. Who Governs Energy? The Challenges Facing Global Energy Governance[J]. *Energy Policy*, 2009, 37(12): 5239–5248.
- [23] GOODMAN-BACON A. Difference-in-Differences with Variation in Treatment Timing[J]. *Journal of Econometrics*, 2021, 225(2): 254–277.
- [24] LU Y, YU L. Trade Liberalization and Markup Dispersion: Evidence from China's WTO Accession[J]. *American Economic Journal: Applied Economics*, 2015, 7(4): 221–253.
- [25] NEWELL R G, PREST B C, SEXTON S E. The GDP–Temperature Relationship: Implications for Climate Change Damages[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2021, 108: 102445.
- [26] YANG S, FU Y. Interconnectedness among Supply Chain Disruptions, Energy Crisis, and Oil Market Volatility on Economic Resilience[J]. *Energy Economics*, 2025: 108290.

Influence of Silk Road E-commerce on the Resilience of Energy Networks from the Perspective of Institutional Openness

YU Ziling¹, LI Ruoxuan², HE Miao¹

(1. School of Economics and Management, XinJiang University, Urumqi, Xin Jiang, 830046;

2. Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710065)

Abstract: Against the backdrop of fragmented energy governance rules, how institutional openness can enhance energy network resilience has become an important issue. Using bilateral energy trade data for 195 countries (regions) from 2002 to 2024, this study examined the impact of Silk Road E-commerce on energy network resilience from the perspective of institutional openness and explored its transmission mechanisms. The results show that Silk Road E-commerce reduces the probability of energy network disruptions and enhances the network's recovery and reconfiguration capacity. Mechanism analysis indicates that supply chain optimization and network flattening on the e-commerce dimension, together with the diffusion of technical standards and improvements in governance capacity on the institutional dimension, constitute the key channels through which energy network resilience is strengthened. Furthermore, the interaction between Silk Road E-commerce and cross-border e-commerce pilot zones amplifies the effects of institutional openness. In addition, Silk Road E-commerce narrows the gap in global energy governance capacity between Southern countries and core countries, with this effect being more pronounced within the framework of Belt and Road energy cooperation partnerships. This study provides useful insights into enhancing the stability of global energy governance.

Keywords: Institutional Openness; Silk Road E-commerce; Energy Network Resilience; E-commerce Mechanisms; Institutional Mechanisms

(责任编辑 祝子白 刘建昌)