



中国环境与发展国际合作委员会

## 专题政策研究报告

# 可持续贸易与 可持续供应链



2024



**中国环境与发展国际合作委员会  
专题政策研究报告**

**可持续贸易与可持续供应链**

中国环境与发展国际合作委员会 2024 年年会

2024 年 10 月

## 专题政策研究项目组成员

### 中外组长\*:

|         |  |
|---------|--|
| 余淼杰     | 辽宁大学校长，教授，国际经济学会会士                         |
| 凯文·加拉格尔 | 波士顿大学全球发展政策研究中心主任<br>波士顿大学弗雷德里克·帕迪全球研究学院教授 |

### 中外成员\*:

|          |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| 李志远      | 辽宁大学金融与贸易学院院长，复旦大学经济学院世界经济系副主任，教授 |
| 马湘君      | 辽宁大学金融与贸易学院兼中国经济研究院副院长，教授         |
| 田巍       | 北京大学经济学院特聘副教授，博士生导师               |
| 蒋海威      | 中央财经大学国际经济与贸易学院助理教授               |
| 刘仁良      | 辽宁大学李安民经济研究院助理教授                  |
| 芦佳琪      | 波士顿大学全球发展政策研究中心高级研究员              |
| 普拉维娜·班达拉 | 波士顿大学全球发展政策研究中心博士研究员              |

### 支持专家:

|        |                             |
|--------|-----------------------------|
| 张宇燕    | 中国社会科学院学部委员，世界经济与政治研究所所长，教授 |
| 于鸿君    | 北京大学校务委员会副主任，原党委常务副书记，教授    |
| 丘东晓    | 香港岭南大学经济系系主任，梁绍荣经济学讲座教授     |
| 赵来勋    | 日本神户大学教授                    |
| 丽贝卡·雷  | 波士顿大学全球发展政策研究中心高级研究员        |
| 王永中    | 中国社科院研究生院世界经济系教授            |
| 贝尔尼斯·李 | 查塔姆研究所可持续加速器咨询委员会主席         |

### 协调员:

|     |                           |
|-----|---------------------------|
| 尹如玉 | 辽宁大学国际交流处副处长，中国开放经济研究院副教授 |
| 马嘉文 | 中方协调员助理，北京大学国家发展研究院博士生    |
| 朱琳  | 波士顿大学全球发展政策研究中心项目经理       |

\* 本专题政策研究项目组联合组长、成员以其个人身份参加研究工作，不代表其所在单位，亦不代表国会观点。

## 执行摘要

在气候变化和能源脱碳的时代，全球范围向可持续贸易与可持续供应链的转型显得至关重要。低碳技术及相关矿产处于这一转型的前沿，在减少温室气体排放和促进可持续发展方面发挥着关键作用。包括可再生能源、能效、能源储存和电动汽车在内的低碳技术产品国际贸易，对促进全球气候友好型发展意义重大，尤其对南方国家。考虑到中国在低碳技术市场中的重要作用，本报告旨在提供对低碳技术贸易的全面分析，重点关注各国与中国的双边贸易、其环境影响以及塑造这些趋势的经济因素。

随着全球对低碳技术产品需求的激增，各国愈发认识到低碳转型中蕴含的经济机会。这在国际贸易中尤为明显，政策支持和国际合作显著影响了这些技术的传播和采用。中国作为低碳技术生产和出口的全球领导者，突显了国际低碳技术市场的动态变化。在过去三十年里，中国实现了从净进口国到净出口国的转变，这主要得益于对国内清洁技术制造的巨大投资和政府的支持政策。这一转变不仅增强了中国在全球市场中的地位，也为全球供应了大量经济实惠的先进低碳技术。理解中国的角色及其成功的驱动因素，对于深入理解低碳技术贸易的广泛机制提供了宝贵的见解。

中国在国际低碳技术贸易中日益增长的重要性对发达国家和发展中国家皆有深远影响。对发达国家而言，中国日益增长的市场份额促进了低碳技术市场的竞争和效率，并导致了贸易平衡的显著变化，即发达国家随着时间推移成为净进口国。对发展中国家而言，中国的低碳技术产品提供了环境和技术两方面的机遇。中国的贸易伙伴得益于可负担的低碳技术供应，可以加快向可持续发展目标迈进。这些目标通过低碳技术的直接环境影响和通过贸易的技术扩散得以实现。因此，识别塑造各国与中国贸易模式的关键因素并识别从中国进口低碳技术的气候和环境影响是非常重要的。

在本文中，我们研究了过去三十年全球低碳技术贸易的发展。基于国际贸易文献，我们识别并分析了塑造各国与中国低碳技术贸易的关键经济因素。在实证部分，我们首先详细概述了 1992 年至 2022 年全球低碳技术贸易趋势。我们从国际货币基金组织（IMF）和联合国统计司的商品贸易统计（Comtrade）数据库等来源编制了一个原创数据集，识别了出口和进口模式、贸易平衡的显著变化，以及高收入国家和新兴市场及发展中经济体的演变角色。

在统计分析中，我们采用引力模型研究了与中国的低碳技术和矿产贸易的决定因素及其对环境结果的影响。我们发现了经济发展、贸易开放和汇率稳定等因素的重要性。此外，分析揭示了从中国进口低碳技术产品在环境上的好处，特别是在减少各个部门的碳排放方面。人力资本、政治稳定和外国直接投资被证实是促进从中国获得的低碳技术吸收效果的

重要渠道。我们还调查了性别在低碳技术贸易中的作用。我们发现，性别平等可能有助于各国在全球低碳技术供应链中的竞争力。这些发现通过提供对低碳技术贸易动态及其环境影响的深入分析，丰富了关于可持续贸易和供应链的文献。

最后，我们基于分析提出以下五方面政策建议：

**一、加大可再生能源研发补贴力度以推动创新，引领全球能源安全。**中国应保持并可能增加对可再生能源技术的研发补贴。这一支持不仅应促进出口，还应侧重于提高国内可再生能源解决方案的采纳率。通过在国内推动创新和技术进步，中国可以巩固其作为全球可再生能源领导者的地位，同时解决国内能源需求和环境挑战。持续的研发补贴将推动创新，使中国的可再生能源技术在全球更具竞争力，减少对化石燃料的依赖，降低碳排放，并提高能源安全性。具体而言，中国可以建立专门的国家基金来资助可再生能源的研发项目，向投资于可再生能源研发的公司和研究机构提供税收优惠，在区域内设立专注于可再生能源研发的创新中心以推动区域经济增长和专业化，并在金融和研发领域加强南南合作。

**二、稳定出口价格，促进与合作伙伴之间稳定的贸易和投资关系。**中国应实施政策与主要贸易伙伴保持稳定的出口价格。稳定的出口价格减少了出口商、进口商和投资者的不确定性，促进了稳定的贸易和投资关系。具体而言，中国可以监测出口价格数据以进行预测和预警，扩大和加强与主要贸易伙伴的双边货币互换协议，定期与主要贸易伙伴进行宏观经济政策协调以促进出口价格稳定。

**三、鼓励可再生能源和低碳技术领域的对外直接投资，促进全球合作。**中国应继续鼓励和促进在可再生能源和低碳技术领域的对外直接投资，尤其是对主要贸易伙伴国的投资。对外直接投资有助于中国更深入地融入全球经济，促进更强的经济联系和合作。企业可以因此进入新的市场、获得资源和技术，从而提高生产力和竞争力。对外直接投资还可以使收入来源多样化，减少国内市场波动对经济脆弱性的影响，特别是对于可再生能源产业。具体而言，中国可以建立综合的财政激励和支持机制，以鼓励中国企业在海外投资于可再生能源和低碳技术领域，促进双边和多边合作，以促进技术转让和改善中国可再生能源和低碳技术公司的市场准入，并在此过程中着重关注南南合作。

**四、推进贸易自由化，促进可持续贸易实践和全球供应链互联。**中国应追求进一步的贸易自由化，以促进可持续贸易和供应链的发展。进一步的贸易自由化可以为国内可再生能源领域的企业创造更多商业机会，提高其生产力和竞争力。具体而言，中国可以推进出口目的地多元化、扩大进口规模、服务贸易特色化、多层次的区域经济合作以及“一带一路”倡议的差异化。

**五、改进对外沟通，消除关于中国产能过剩的误解。**中国的产能过剩常常被误解，尤

其国际语境中，错误地与对发达国家如美国的产品倾销挂钩。为了有效应对这些误解，中国应加强对外沟通策略。这包括确保国内外平台信息传递的一致性，并在全球语境中清晰且自信地阐述中国的立场。具体而言，中国应重点关注产能过剩的概念、产能过剩的成因、产业政策的解读以及美国反倾销措施中的谬误。

**关键词：** 可持续贸易； 可持续供应链； 低碳技术； 矿产贸易

# 目录

|  |    |
|--|----|
| 专题政策研究项目组成员 .....                      | 2  |
| 执行摘要 .....                             | 3  |
| 一、引言 .....                             | 7  |
| 二、文献综述 .....                           | 8  |
| (一) 低碳技术贸易的相关文献 .....                  | 8  |
| (二) 贸易对环境影响的相关文献 .....                 | 9  |
| (三) 引力模型的相关文献 .....                    | 9  |
| 三、数据 .....                             | 9  |
| 四、全球低碳技术贸易概览 .....                     | 11 |
| 五、实证设计 .....                           | 16 |
| (一) 影响中国低碳技术产品贸易的决定因素 .....            | 16 |
| (二) 影响中国矿物贸易的决定因素 .....                | 18 |
| (三) 中国低碳技术产品贸易对贸易伙伴环境的影响 .....         | 19 |
| (四) 经济机制 .....                         | 19 |
| 六、实证结果 .....                           | 19 |
| (一) 中国低碳技术产品贸易的决定因素 .....              | 20 |
| (二) 中国矿物贸易的决定因素 .....                  | 21 |
| (三) 中国低碳技术产品贸易对贸易伙伴环境的影响 .....         | 23 |
| (四) 经济机制 .....                         | 24 |
| 1. 人力资本 .....                          | 24 |
| 2. 政治稳定性 .....                         | 24 |
| 3. 外国直接投资 .....                        | 25 |
| 4. 外国援助 .....                          | 26 |
| (五) 性别分析 .....                         | 26 |
| 七、政策建议 .....                           | 28 |
| (一) 加大可再生能源研发补贴力度以推动创新，引领全球能源安全 .....  | 28 |
| (二) 稳定出口价格，促进与合作伙伴之间稳定的贸易和投资关系 .....   | 29 |
| (三) 鼓励可再生能源和低碳技术领域的对外直接投资，促进全球合作 ..... | 29 |
| (四) 推进贸易自由化，促进可持续贸易实践和全球供应链互联 .....    | 30 |
| (五) 改进对外沟通，消除关于中国产能过剩的误解 .....         | 30 |
| 八、结论 .....                             | 31 |
| 参考文献 .....                             | 33 |

# 可持续贸易与可持续供应链

## 一、引言

在气候变化和能源脱碳的时代，全球范围向可持续贸易与可持续供应链的转型显得至关重要。低碳技术及相关矿产处于这一转型的前沿，在减少温室气体排放和促进可持续发展方面发挥着关键作用。包括可再生能源、能效、能源储存和电动汽车在内的低碳技术产品国际贸易，对促进全球气候友好型发展意义重大，尤其对南方国家。考虑到中国在低碳技术市场中的重要作用，本报告旨在提供对低碳技术贸易的全面分析，重点关注各国与中国的双边贸易、其环境影响以及塑造这些趋势的经济因素。

随着全球对低碳技术产品需求的激增，各国愈发认识到低碳转型中蕴含的经济机会。这在国际贸易中尤为明显，政策支持和国际合作显著影响了这些技术的传播和采用。中国作为低碳技术生产和出口的全球领导者，突显了国际低碳技术市场的动态变化。在过去三十年里，中国实现了从净进口国到净出口国的转变，这主要得益于对国内清洁技术制造的巨大投资和政府的支持政策。这一转变不仅增强了中国在全球市场中的地位，也为全球供应了大量经济实惠的先进低碳技术。理解中国的角色及其成功的驱动因素，对于深入理解低碳技术贸易的广泛机制提供了宝贵的见解。

中国在国际低碳技术贸易中日益增长的重要性对发达国家和发展中国家皆有深远影响。对发达国家而言，中国日益增长的市场份额促进了低碳技术市场的竞争和效率，并导致了贸易平衡的显著变化，即发达国家随着时间推移成为净进口国。对发展中国家而言，中国的低碳技术产品提供了环境和技术两方面的机遇。中国的贸易伙伴得益于可负担的低碳技术供应，可以加快向可持续发展目标迈进。这些目标通过低碳技术的直接环境影响和通过贸易的技术扩散得以实现。因此，识别塑造各国与中国贸易模式的关键因素并识别从中国进口低碳技术的气候和环境影响是非常重要的。

在本文中，我们研究了过去三十年全球低碳技术贸易的发展。基于国际贸易文献，我们识别并分析了塑造各国与中国低碳技术贸易的关键经济因素。在实证部分，我们首先详细概述了1992年至2022年全球低碳技术贸易趋势。我们从国际货币基金组织(IMF)和联合国统计司的商品贸易统计(Comtrade)数据库等来源编制了一个原创数据集，识别了出口和进口模式、贸易平衡的显著变化，以及高收入国家和新兴市场及发展中经济体的演变角色。

在统计分析中，我们采用引力模型研究了与中国的低碳技术和矿产贸易的决定因素及其对环境结果的影响。我们发现了经济发展、贸易开放和汇率稳定等因素的重要性。此外，分析揭示了从中国进口低碳技术产品在环境上的好处，特别是在减少各个部门的碳排放方面。人力资本、政治稳定和外国直接投资被证实是促进从中国获得的低碳技术吸收效果的重要渠道。这些发现通过提供对低碳技术贸易动态及其环境影响的深入分析，丰富了关于可持续贸易和供应链的文献。我们还发现，劳动力中的性别平等与对中国低碳技术和关键矿产的更高出口呈正相关关系。这表明，性别平等对各国在全球低碳技术贸易和供应链中的竞争力有显著贡献，并减少了与中国的低碳技术贸易逆差。

最后，我们基于分析提供了政策建议。具体而言，我们提倡在可再生能源技术方面持续进行研发投入，维持稳定的出口价格，鼓励对外直接投资，进一步扩大贸易开放，并改进关于产能过剩的沟通。这些见解对于致力于推进全球可持续性和应对中国及其他地区气候变化紧迫挑战的政策制定者、行业领导者和研究人员具有重要价值。

## 二、文献综述

### （一）低碳技术贸易的相关文献

关于低碳技术贸易的研究涉及技术扩散、政策支持和国际合作等方面。Porter 和 van der Linde(1995)<sup>43</sup> 提出,严格的环境法规可以刺激创新并增强低碳技术产品的竞争力,这一观点被称为“波特假说”。Jaffe 等(2005)<sup>29</sup> 分析了环境政策对技术创新和扩散的影响,发现政策支持对促进低碳技术至关重要。近年来,Popp(2006)<sup>42</sup> 和 Johnstone 等(2010)<sup>30</sup> 研究了可再生能源技术的国际贸易,指出政策激励和国际合作是低碳技术扩散的主要推动力。Dechezleprêtre 等(2011)<sup>14</sup> 研究发现,跨国公司在低碳技术的研究和推广中发挥着重要作用。

中国作为世界上最重要的低碳技术生产国和出口国之一,其低碳技术发展引起了学术界的关注。Zhang 和 Gallagher(2016)<sup>56</sup> 发现,中国的政策支持和市场规模是推动其低碳技术出口的主要因素。Wang 和 Qin(2018)<sup>53</sup> 分析了“一带一路”倡议对低碳技术贸易的影响,发现该倡议显著促进了中国与沿线国家之间的低碳技术合作。一些研究探讨了“一带一路”倡议内低碳技术的推广。Xie 等(2021)<sup>55</sup> 发现,“一带一路”倡议显著促进了中国与沿线国家的低碳技术合作。Zhang 等(2019)<sup>57</sup> 研究指出,中国通过技术转移和项目合作在推动绿色“一带一路”建设中起着关键作用,从而提高了沿线国家的低碳技术水平。

在通过贸易而逐渐采用低碳技术的过程中,三个因素起着至关重要的作用。第一,人力资本可以影响低碳技术的采用和扩散,从而影响贸易模式。通过教育和培训发展人力资本,提高了一个国家创新和利用先进技术的能力,这其中就包括了低碳技术。Nelson 和 Phelps(1966)<sup>39</sup> 认为,一个国家的人力资本存量决定了其采用新技术的能力。这一理论强调了教育和技能发展的重要性,它们能够促进低碳技术的采用并且增强在贸易中的竞争力。第二,政治稳定性是影响推动低碳技术政策有效性及其对贸易影响的关键因素。一些研究表明,政治不稳定会通过增加不确定性而阻碍投资和技术采用,从而对经济增长产生不利影响(Alesina 和 Perotti, 1996)<sup>1</sup>。这一发现表明,稳定的政治环境有利于低碳技术的采用和贸易的扩大。第三,外商直接投资(FDI)是低碳技术转移及其整合到全球贸易体系中的重要渠道。Harrison 和 Rodríguez-Clare(2010)<sup>23</sup> 回顾了有关贸易和外商直接投资的文献,强调 FDI 如何提高东道国的技术能力。他们发现,技术改进,特别是在低碳技术领域,导致了低碳商品和服务贸易的增加。

已有文献在低碳技术贸易中政策和国际合作的作用方面做了大量研究,但在将低碳技术贸易与更广泛的经济和环境模型整合方面的发展较少。此外,实证研究缺乏将低碳技术贸易与具体环境产出联系起来的数据。另外,关于新兴经济体在全球低碳技术市场中的角色的实证研究也较为缺乏。例如,Wang 和 Qin(2018)<sup>53</sup> 以及 Xie 等(2021)<sup>55</sup> 的研究强调了“一带一路”倡议对低碳技术贸易的影响,但建议需要更详细的分析来理解这一动态影响效应。

本研究在三个方面对现有文献作出贡献。第一,通过探讨过去数十年中低碳技术贸易的趋势来确定影响中国低碳技术贸易的因素,从而增强对驱动低碳技术贸易因素的理解。具体而言,在 Popp(2006)<sup>42</sup> 和 Johnstone 等(2010)<sup>30</sup> 的基础上,本研究确定了政策激励和国际合作是低碳技术扩散的关键驱动因素。第二,对中国低碳技术进口对经济增长和环境结果的影响进行实证分析,为低碳技术贸易的直接和间接影响提供了有价值的证据,有助于理解低碳技术贸易对可持续发展的影响。此外,机制的探讨与发现扩展了 Levinson 和 Taylor(2008)<sup>34</sup> 以及 Kellenberg(2009)<sup>32</sup> 等关于贸易、环境法规和污染

天堂效应之间的关系。第三,本研究突出了新兴经济体在全球低碳技术市场中的重要角色,补充了 Zhang 和 Gallagher (2016)<sup>56</sup> 讨论的新兴国家参与低碳技术贸易的研究空缺。

## (二) 贸易对环境的影响的相关文献

部分文献探讨了贸易对环境的直接影响。Low 和 Yeats (1992)<sup>36</sup> 以及 Tobey (1990)<sup>51</sup> 研究了国际环境协议对贸易的影响,发现这些协议可以促进清洁技术的国际扩散。此外,Antweiler 等 (2001)<sup>4</sup> 提出,贸易通过规模效应、结构效应和技术效应影响环境质量。Copeland 和 Taylor (2004)<sup>12</sup> 进一步探讨了贸易自由化对环境的影响,认为贸易可以通过技术扩散和收入效应改善环境,但也可能加剧污染。Cole 和 Elliott (2003)<sup>11</sup> 实证研究发现,一些发展中国家确实吸引了大量污染密集型产业。Levinson 和 Taylor (2008)<sup>34</sup> 进一步验证了这一假说,表明环境法规差异显著影响了产业迁移和贸易模式。Kellenberg (2009)<sup>32</sup> 指出,拥有严格环境法规的国家可以通过技术创新和产业升级在全球市场中获得竞争优势。Zhou 等 (2017)<sup>58</sup> 探讨了中国与其他国家之间贸易的环境影响,发现中国的环境政策逐渐改善了贸易带来的负面环境影响。越来越多的研究也关注贸易开放对环境的具体影响。例如,Wang 等 (2020)<sup>52</sup> 发现,贸易开放可以通过促进技术进步和产业升级来减少碳排放。Hertwich 和 Peters (2009)<sup>25</sup> 指出,全球供应链对碳足迹的贡献,强调了国际贸易在碳排放中的作用。

也有研究讨论了通过经济增长对环境的间接影响。Grossman 和 Krueger (1991)<sup>22</sup> 提出了环境库兹涅茨曲线,认为环境污染在经济增长的初期增加,但在达到一定水平后开始下降。Stern (2004)<sup>47</sup> 和 Dinda (2004)<sup>16</sup> 的研究支持这一假设,认为经济增长带来的技术进步和环境意识的提高可以减轻污染。Taguchi (2013)<sup>49</sup> 考察了环境库兹涅茨曲线在不同国家的适用性,发现中等收入国家的污染水平逐渐下降,尽管这项研究仅限于一部分污染物并且未发现人均 GDP 和温室气体排放间的相关性。

## (三) 引力模型的相关文献

引力模型在国际贸易研究中一直是一项重要的工具。Tinbergen (1962)<sup>50</sup> 和 Pöyhönen (1963)<sup>44</sup> 最早将引力模型应用于贸易研究,发现国家之间的贸易量与其经济规模成正比,与其地理距离成反比,随后该模型被广泛应用和扩展。Linnemann (1966)<sup>35</sup> 通过考虑人口和经济合作等因素扩展了模型。Anderson (1979)<sup>2</sup> 提出了多产品框架,改进了传统的引力模型,使其更具解释力。Bergstrand (1985)<sup>10</sup> 通过引入非关税壁垒和货币因素丰富了引力模型的应用。Deardorff (1998)<sup>13</sup> 认为,引力模型不仅适用于预测贸易流量,还能解释贸易模式和政策影响。

随着时间推移,引力模型的应用扩展到了不同的研究领域。Eichengreen 和 Irwin (1995)<sup>19</sup> 研究了历史贸易政策对贸易流量的影响。Rose (2000)<sup>45</sup> 实证分析了双边投资条约与贸易流量之间的关系。近年来,Egger (2002)<sup>18</sup> 和 Baier 和 Bergstrand (2007)<sup>7</sup> 等学者使用引力模型研究了区域贸易协定的效果,发现这些协定显著促进了成员国之间的贸易流量。Fally (2015)<sup>20</sup> 使用引力模型分析了全球价值链内的贸易流量,探究了全球化对贸易流量的影响。

此外,一些研究讨论了该模型的理论基础和估计方法。Head 和 Mayer (2014)<sup>24</sup> 回顾了引力模型的发展,强调了其理论基础和实证应用。Anderson 和 Yotov (2020)<sup>3</sup> 通过研究引力模型中的多个变量,提出了更精确的估计方法。Santos Silva 和 Tenreyro (2006)<sup>46</sup> 引入了 PPML 方法,有效解决了引力模型中的异方差问题。

## 三、数据

为了识别低碳技术产品的贸易情况，我们参考了国际货币基金组织发布的《绿色世界数据：实践者与政策制定者指南》（Arslanalp, Kost 和 Quirós-Romero 2023）<sup>6</sup> 中的分类方法。该清单包括 124 个按照国际通用的协调制度六位代码分类的产品。协调制度是一套由全球海关机构用于关税计算的国际标准商品命名和编码系统。我们的主要数据来源是联合国统计司的商品贸易统计数据库（Comtrade），该数据库记录了用于海关和关税目的的双边贸易数据，这些数据是开放获取的，也是目前使用最广泛的贸易数据来源之一。本研究覆盖的时间段从 1992 年至 2022 年，选择这个时间段是因为自 1992 年起中国的贸易数据才开始完整可用。研究涉及的主要国家和地区包括高收入经济体、新兴市场和发展中经济体（不包括中国），以及根据世界经济展望的分类定义的中国。此外，我们还参考了世界银行在《气候行动转型矿物》报告中提供的关键转型矿物列表，作为分析国际转型矿物贸易趋势的主要分类依据。与这 13 种转型矿物相关的贸易数据也来源于 Comtrade 数据库。

国际货币基金组织的低碳技术产品清单综合了四个主要来源之前发布的低碳产品列表。最多的 54 种产品源自于亚太经合组织 2012 年发布的环境产品清单（APEC 2012; Kuriyama 2021）<sup>33</sup>，该组织制定此清单的目的是通过承诺到 2015 年降低所列产品的关税来促进贸易。世界银行在 2008 年的出版物《国际贸易与气候变化：经济、法律和制度视角》中也提出了对所识别的 43 种产品进行贸易自由化的建议。第三个来源是 Glachant、Dussaux 和 Dechezleprêtre 的一系列学术出版物，他们在其中识别了 30 种与气候变化相关的技术产品。这三个来源之间存在部分重叠。因此，在世界银行的另一项出版物《低碳发展的技术转移和创新》中，Pigato 等人（2020）<sup>41</sup> 将这三份列表合并，形成了包含 107 种低碳技术产品的综合列表。最终，本研究所使用的国际货币基金组织低碳技术商品清单还额外包括了 17 种主要与电动车及电池组件（如锂）相关的产品。

国际货币基金组织的清单方便了对双边低碳技术产品贸易总体趋势的分析。然而，由于该清单未按行业或部门对单个产品进行分类，因此不便于进行按部门的深入分析。这种分析对于系统评估高收入经济体与新兴市场经济体之间的低碳技术供应链至关重要。本研究的一个主要创新是开发了一个分类系统，该系统根据部门和技术类型将国际货币基金组织清单中的 124 种产品聚合到更广泛的类别中。我们为国际货币基金组织清单上的每种产品分配了从建筑、能源储存、污染控制、发电、家用电器、交通运输到环境监测等不同部门的行业分类。此外，我们还为每个产品分配了相应的技术类别。例如，发电技术类别包括了生物能源、地热、水电、核能、太阳能、风能及可再生能源模块部件等。

我们使用了上述数据来源中现有的描述来创建这些聚合行业类型并分配相应的技术类别。亚太经合组织的环境产品清单和世界银行的清单都为每个产品的功能提供了详细的低碳技术描述。我们利用这些描述来确定每个产品的技术类别。此外，对亚太经合组织清单的分析性研究以及 Glachant、Dussaux 和 Dechezleprêtre 的工作使用了一些聚合类别来描述他们的数据。我们整合了这些现有类别，并新增了如交通运输这样的新类别，以对电动和混合动力车辆进行分类。表 1 展示了最终的分类结果。

表 1 低碳技术产品分类

| 序号 | 领域   | 技术类别  |
|----|------|-------|
| 1  | 建筑   | 供暖/制冷 |
|    |      | 绝缘    |
|    |      | 照明    |
|    |      | 其他    |
| 2  | 能源存储 | 电池    |
| 3  | 污染控制 | 空气    |
|    |      | 固体废物  |

|   |      |           |
|---|------|-----------|
|   |      | 水         |
|   |      | 生物能源      |
|   |      | 地热        |
|   |      | 水力发电      |
|   |      | 核能        |
|   |      | 太阳能       |
|   |      | 风能        |
| 4 | 发电   | 可再生能源模块部件 |
| 5 | 家用电器 | 节能        |
|   |      | 电动车 (EV)  |
|   |      | 混合动力车     |
| 6 | 交通   | 其他        |
|   |      | 空气        |
|   |      | 其他        |
| 7 | 环境监测 | 水         |

大部分产品（30 种）归属于发电领域，在下一节将详述，这些产品的贸易量非常庞大。在发电领域内，这些产品均匀分布于各个技术类别中，包括生物能源、地热、水力发电、核能、太阳能、风能及可再生能源模块部件。建筑、能源存储、污染控制、家用电器、交通和环境监测分别包括 20 种、13 种、24 种、10 种、9 种和 17 种产品，且这些产品主要在各自的技术类别中均匀分布。此外，值得注意的是，除了锂以外，这份低碳技术产品清单不包括其他转型矿物。锂在这种情况下同时被列入低碳技术产品和转型矿物清单，并且包括在与每个清单相关的贸易数据分析中。

这个数据集的一个主要限制是，国际货币基金组织的清单可能不是低碳技术的输入品和产品的详尽清单。例如，除了清单中包含的锂离子电池外，氢燃料电池和飞轮系统也是提高能效的能源存储系统的组成部分，但这些产品并未被国际货币基金组织的清单所包括。另一个例子是，用于联合热电技术的基础组件，如往复式发动机和微型涡轮机，这些都是常见的节能低碳技术产品，但也未被包含在内。因此，这项研究并没有涵盖所有的低碳技术产品贸易。尽管如此，这仍是目前可获得的最全面的清单。未来的工作应专注于对这份清单进行细化，包括所有相关的产品，这些产品是生产低碳技术产品的输入品。数据集的另一个弱点是可能高估了低碳技术产品的贸易价值。例如，环境监测部分包括多用途测量设备，如光谱仪、色谱仪和测量设备。我们知道，并非所有这些设备都会用于环境监测。类似的情况还有发电部分的可再生能源模块化部件。该类别下的产品包括电力发电机、变压器以及电力分配用的板和面板；与环境监测下的设备一样，并非所有这些产品都将用于可再生能源生成。这个问题是不可避免的，因为在国家层面跟踪产品使用信息是不可能的。

#### 四、全球低碳技术贸易概览

全球低碳技术贸易正逐渐成为推动世界向碳中和转型的关键因素。借助上一节描述的新数据集，本节将提供过去 30 年低碳技术贸易的重要趋势概述，强调市场动态的演变以及主要国家，尤其是中国，在其中所扮演的核心角色。随着 2030 年的临近以及对气候变化行动的限制，理解这些趋势对政策制定者、行业领袖和专注于培育全球弹性低碳经济的研究人员变得至关重要。

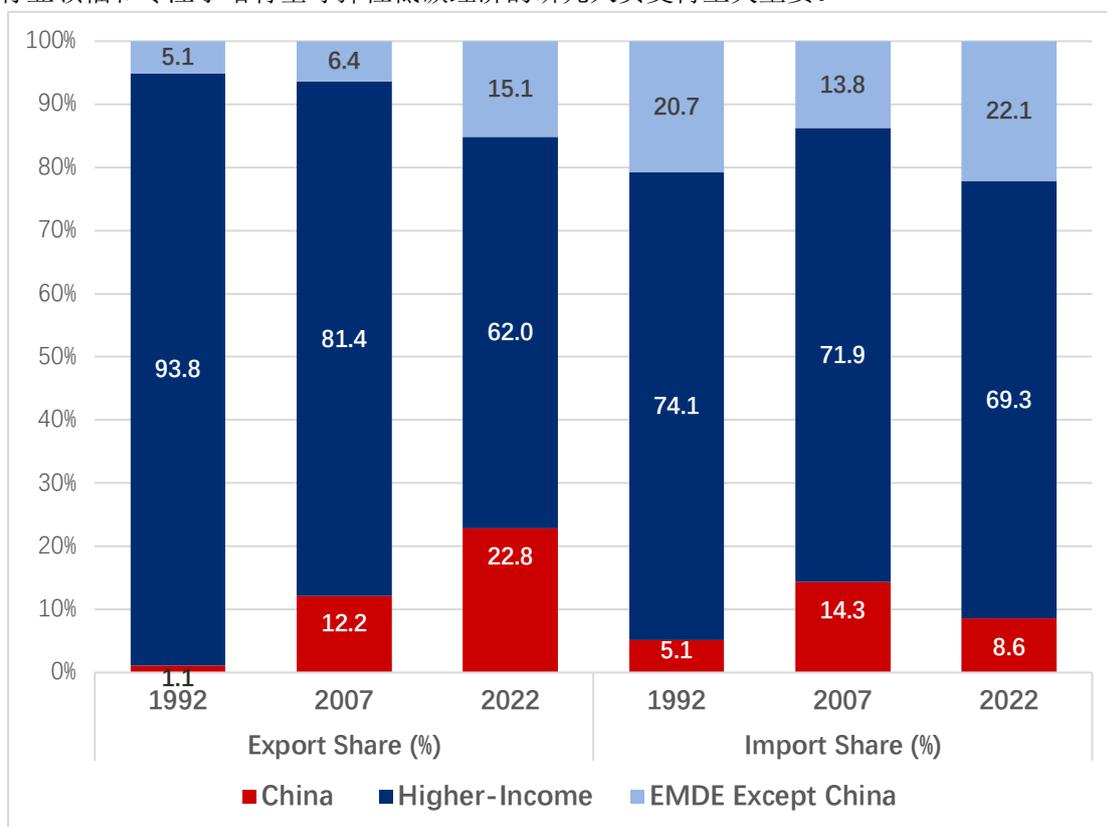


图 1 世界低碳技术贸易（百分比份额）

与全球经济一样，过去三十年全球低碳技术贸易的结构也经历了巨大的变化。图 1 展示了 1992 年、2007 年和 2022 年中国、高收入国家和新兴市场及发展中经济体在全球低碳技术贸易中的进口和出口份额。特别是，传统上主导出口市场的高收入国家，其份额从 1992 年的 93.8% 下降到 2007 年的 81.4%，再进一步下降到 2022 年的 62%。相较之下，发展中国家，特别是中国，在出口市场的份额显著增加。从 1992 年的 1.1% 稳步上升至 2007 年的 12.2%，2007 年以后，中国的低碳技术出口量是前 15 年增长的三倍，到 2022 年时占全球总量的 22.8%。同期，除中国外的其他发展中经济体的出口也翻了一倍多，从 6.4% 增加到全球总出口的 15.1%（Bandara 等，forthcoming）<sup>9</sup>。

在进口市场上，高收入国家在过去三十年间一直是低碳技术的主要进口者。它们的进口份额略有下降，从 1992 年的 74.1% 降至 2007 年的 71.9%，并进一步降至 2022 年的 69.3%。这一大份额表明，尽管高收入国家继续在低碳技术进口方面领先，全球低碳技术进口动态正逐渐多元化。在全球南方，中国在低碳技术进口市场的份额最初有所增加，从 1992 年的 5.1% 上升到 2007 年的 14.3%。然而，这一趋势在随后几年中逆转，到 2022 年中国的进口份额降至 8.6%。这种下降主要由于其国内低碳技术产业的发展，随着本地生产能力和技术的提升，减少了对进口的依赖。

与此相反，其他发展中经济体的进口份额变化方向则恰恰相反。从 1992 年到 2007 年约下降 7% 之后，它们的进口份额显著反弹，超过 1992 年的水平，到 2022 年达到 22.1%。这种增长表明，这些经济体在低碳技术方面的参与和投资正在增长，可能是由于环境意识的提高、国际气候承诺和低碳技术成本的下降使得这些技术更易于获取。

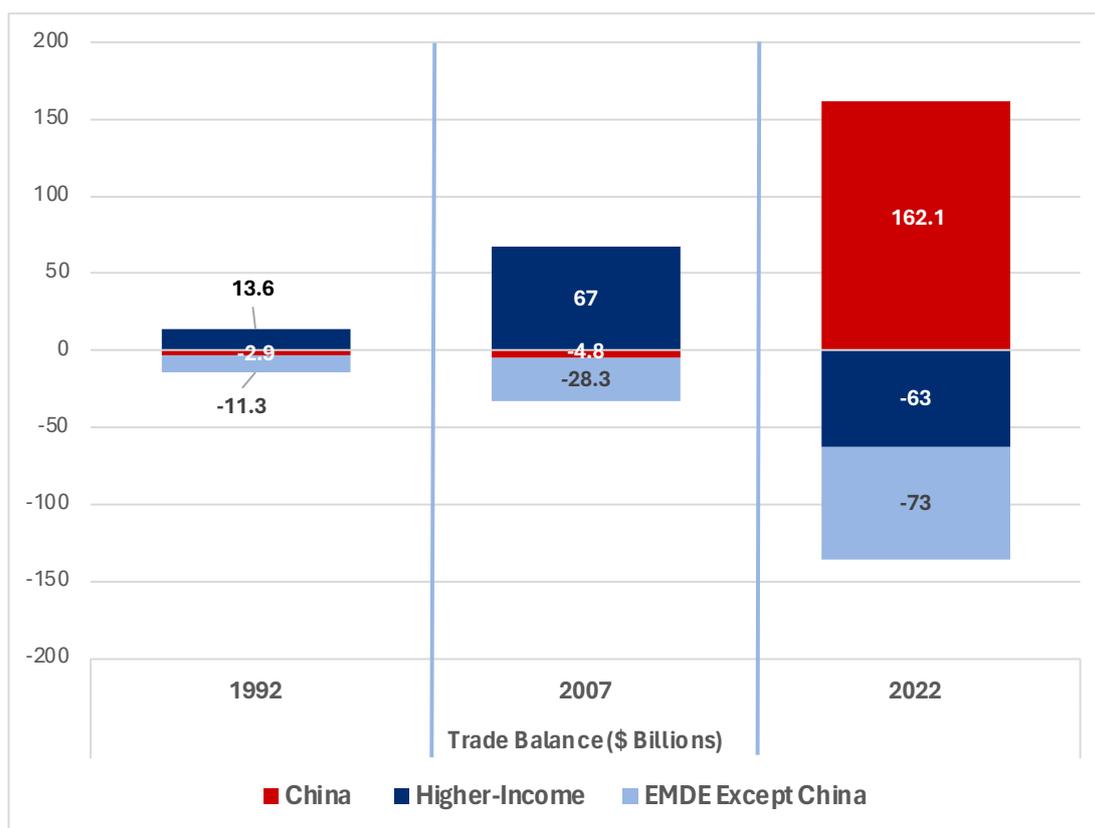


图 2 世界低碳技术贸易平衡（亿美元）

进出口市场的这些变化显著影响了低碳技术的贸易平衡。图 2 清晰地展示了三个不同群体的贸易平衡，以亿美元计算（低碳技术出口减去进口）。如图所示，中国成为全球低碳技术市场结构变化的主要受益者。从历史上看，直到 2000 年代后期，中国一直是低碳技术产品的净进口国。然而，2008 年之后，得益于政府强有力的产业政策支持，清洁技术制造业得到了培育，中国转变为净出口国。这一转变使中国能够以成本效益高的低碳技术产品充斥全球市场。到 2022 年，中国的低碳技术净出口额飙升至 1621 亿美元，确立了其在全球市场的主导地位。

相比之下，直到 2000 年代后期，高收入国家集体为低碳技术的净出口国，但随着中国的清洁技术产业的扩张，这些国家转变为净进口国。这些国家的贸易平衡从正 670 亿美元转变为 2022 年的负 630 亿美元。这一变化反映了高收入国家日益依赖进口以满足其不断增长的低碳技术需求的动态变化，部分原因是来自中国的价格竞争力和先进技术。对于发展中国家群体而言，其贸易逆差在这些年里有所恶化。尽管这种逆差不断增加，但更广泛的含义表明多种因素的复杂相互作用。这些经济体可能因国内生产能力不足及迫切需要达到环境目标而经历了低碳技术贸易逆差的增加。然而，这也表明了一种依赖性，除非通过支持性政策来建设国内低碳技术领域，否则可能会抑制本地产业的发展。

中国 2007 年之后出口的增加与其国内低碳技术产业的大量投资相关（Zeng et al. 2014, Nemet 2019, Jackson et al. 2021）<sup>4028</sup>。这种增长可以归因于技术获取的改善，无论是国际上还是国内对气候和环境行动的支持，还是提升本地实施支持低碳技术产业政策的能力。随着中国在可再生能源技术、电动车和能效等领域制造能力的提升，其对进口的依赖减少了。价格合理的中国低碳技术产品已渗透全球市场。这一转变不仅支持了中国的能源安全和经济战略，也使其有望成为未来低碳技术的潜在出口国而非净进口国。

此外，除中国外其他新兴市场及发展中经济体进口的增加强调了一个更广泛的趋势，即这些地区在低碳部署方面正在赶上。这种增长反映了这些经济体与全球低碳倡议的日益扩大的互动，并表明它

们对可持续技术的需求和能力在增长。这种转变至关重要，因为它凸显了全球低碳技术市场的动态性质，经济发展、技术进步和政策框架的相互作用，重塑了这些关键技术的国际贸易格局。然而，这些非中国 EMDEs 的国内低碳技术产业落后于低碳技术市场的扩张，导致了巨大的贸易逆差，主要是它们的市场对中国的进口。这些国家在全球贸易中所占比例虽小，但经历了显著的贸易失衡。考虑到这些地区未来排放的轨迹，这种情况令人关注，但也为南南合作提供了机会，特别是与中国的合作。此类合作应促进本地产业的发展，促进本地低碳技术创新，减少对进口的依赖，并增强区域能力以满足日益增长的低碳技术需求。

总体来看，数据表明全球低碳技术贸易从发达经济体向全球南部发生了显著的重新定向。尽管高收入国家仍占据市场的主要部分，但它们正在失去对发展中经济体，特别是中国的出口市场。随着中国和其他发展中经济体继续提升他们的能力并增加他们的市场份额，他们可能会多样化全球低碳技术生产并加速全球能源转型。

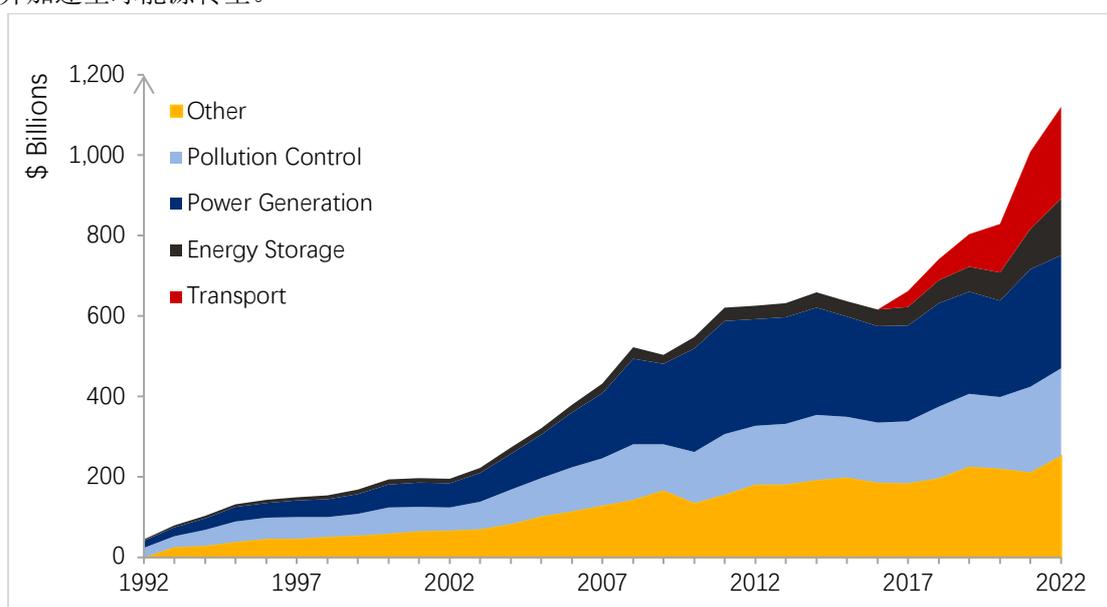


图3 全球低碳技术总出口

贸易平衡的结构变化不仅凸显了全球制造业格局的变动，也反映了不同低碳技术领域的发展和投资动态。图3详细展示了低碳技术出口按领域分类的情况，揭示了随着时间推移，全球对各种低碳技术需求格局的实质性扩张和变化。总体来看，出口市场的总值从1992年的710亿美元增长至2022年的11,190亿美元。其中，清洁发电技术，主要包括太阳能和风能，在2000年代初已经超越所有其他领域，并在2022年进一步增长至281亿美元。

2017年，全球低碳技术出口领域又迎来了重大发展，特别是清洁交通领域包括新能源汽车的出口急剧增长，标志着低碳技术贸易组成的重大转变。其在总低碳技术出口中的份额从2016年的仅0.02%飙升至2017年的5.9%，并在2022年进一步增加到超过20%。这一激增反映了全球优先级和创新的广泛趋势，尤其是电动车和其他可持续交通解决方案的快速采纳和发展，与全球应对城市污染和气候变化的努力相符。这种增长不仅突出了重大的气候行动，还表明电动车和能源存储技术已成熟发展，成为整体低碳技术市场的重要组成部分（Jones et al. 2020, Sun et al. 2022, IEA 2023）<sup>314827</sup>。

这些全球低碳技术出口市场的趋势显示了一个明确且持续的脱碳推动的基础。从2008年后市场的复苏以及自2012年以来克服各种贸易壁垒的能力来看，这一市场的韧性显示了全球对向更可持续的能源和交通系统过渡的坚定承诺。随着技术进步和全球对低碳技术进一步激励政策的实施，这一领域的增长有望持续。

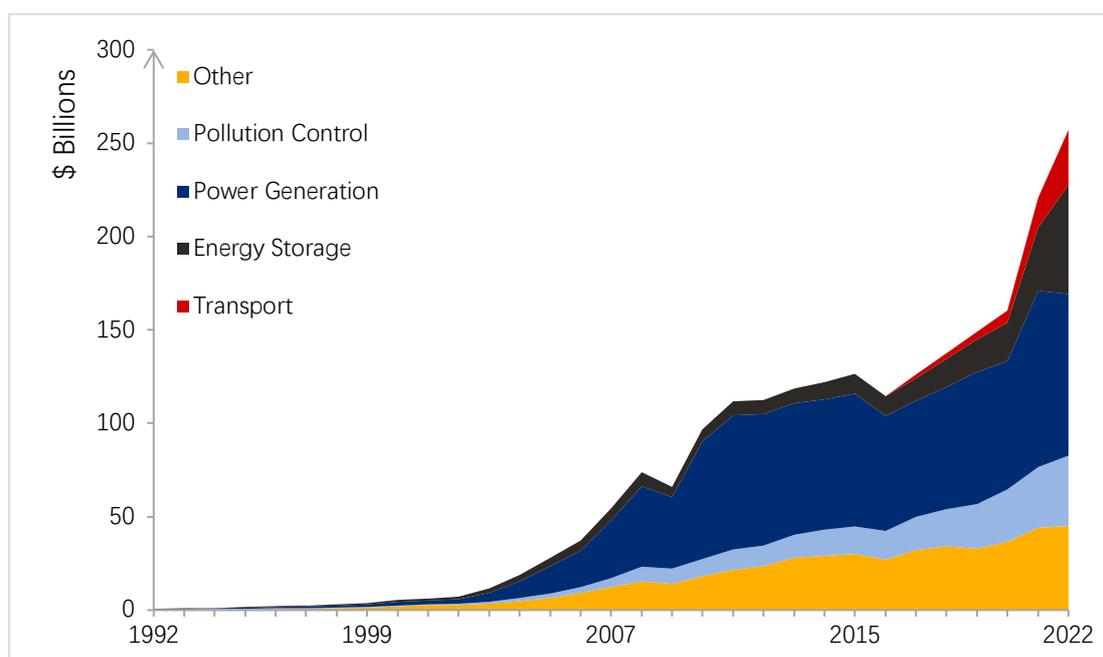


图 4 中国低碳技术出口总量按领域分类

图 4 展示了按领域分类的中国低碳技术出口总量。中国的低碳技术出口虽然与全球趋势一致，但也具有其独特的特征。中国在脱碳的先进技术，如清洁发电技术（特别是风能和太阳能）、能源存储和交通运输技术上投入重点，这些领域共同构成了其低碳技术出口的大部分。

自 2004 年以来，中国在清洁发电领域的出口显著增长，达到超过 140 亿美元，占全球总出口的 14%。然而，在 2010 年代，由于美国和欧洲对中国太阳能产品实施的反倾销关税，这一领域的出口量经历了停滞和波动，出口额在 600 亿到 710 亿美元之间变化。尽管面临这些挑战，到 2021 年出口价值增至 940 亿美元，较疫情前增长了 37%，并自此保持全球总量的 30% 以上。这些数据突出了中国在全球低碳技术市场中的关键作用，特别是在其成功克服重大贸易壁垒并保持竞争优势的领域。

中国的其他先进清洁技术产品在全球市场上也日益具有竞争力。2001 年，中国的能源存储出口达到了 10 亿美元，虽然这个数字在绝对值上看似较小，但占全球份额的 11%，使中国在能源存储市场中具有竞争优势。在接下来的二十年中，中国能源存储产品的出口持续强劲增长，2015 年达到 100 亿美元，2020 年翻倍至 200 亿美元。在疫情后时期，中国产品的市场份额显著扩大，2022 年达到 580 亿美元，占全球总量的 30% 以上。同样，中国在全球清洁交通技术市场的份额也呈现了这种增长模式，表明其与全球低碳经济关键领域需求趋势的战略对齐。2017 年，中国低碳交通产品的出口经历了显著增长，推动了全球电动汽车行业的扩张。在 2016 年之前几乎未占全球清洁交通出口市场的任何份额，中国的份额在 2017 年戏剧性增长至 5%。到 2022 年，这一数字已增至 290 亿美元，占全球总量的 13%。

2022 年，清洁发电、能源存储和交通产品的组合的出口总额达到 1740 亿美元，占了中国低碳技术出口总额的 68%。这一模式凸显了中国在提升其在先进清洁技术领域的能力上的战略重点，这是全球能源转型的关键领域。市场份额的大幅增加，特别是在疫情之后的几年，突出了中国清洁能源产业在技术成就和克服市场壁垒方面的韧性，使其定位为全球市场的领先者。

表 2 中国低碳技术出口总额（按贸易伙伴收入和地区的份额分布）

| 收入群体  | 1992 | 2007 | 2022 |
|-------|------|------|------|
| 高收入   | 63.8 | 79.6 | 70.1 |
| 中上等收入 | 13.7 | 0.5  | 15.9 |

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 中下等收入 | 21.5 | 7.0  | 13.6 |
| 低收入   | 1.0  | 12.9 | 0.5  |

| 地区       | 1992 | 2007 | 2022 |
|----------|------|------|------|
| 东亚与太平洋   | 61.4 | 50.9 | 30.8 |
| 欧洲与中亚    | 10   | 24.4 | 37   |
| 拉丁美洲与加勒比 | 0.8  | 4.4  | 6.9  |
| 中东与北非    | 4.4  | 2.3  | 4.7  |
| 北美       | 6.7  | 13.2 | 13.1 |
| 南亚       | 16.1 | 3.5  | 5.3  |
| 撒哈拉以南非洲  | 0.6  | 1.3  | 2.2  |

在目的地方面，中国低碳技术产品的主要消费者是高收入国家。表 2 显示了中国低碳技术出口的地区分布，突出显示了对高收入国家的显著偏好，这些国家占总出口的 70%以上。值得注意的是，对欧洲的出口显示出实质性增长，从 1992 年的 10%增加到 2007 年的 24.4%，并进一步增加到 2022 年的 37%。相比之下，对北美的出口多年来相对稳定。合并来看，对欧洲和北美的出口约占中国低碳技术出口总量的 43%。

其他收入群体也见证了对中国低碳技术的进口增长。对中上收入和中下收入国家的出口分别占 15.9%和 13.6%。然而，对低收入国家的出口份额在 2000 年代曾相当可观，但在随后的年份中有所下降，2022 年仅占中国出口的 0.5%。这一趋势在区域数据中也有体现，撒哈拉以南非洲地区在 2022 年仅购买了中国的 2.2%的出口产品。有趣的是，中国对东亚及太平洋地区的低碳技术出口份额显著下降，从 2007 年前的 50%以上下降到 2022 年的仅 30%。这些出口市场的变化强调了低碳技术需求的发展，表明出口倾向于具有更进步气候政策的国家，特别是在欧洲和北美，这些地区对低碳技术的投资持续增长。与此同时，对低收入地区的相对低数字暗示了潜在的有限市场需求，这可能由于经济负担能力不足或缺乏支持低碳技术的基础设施。

## 五、实证设计

### （一）影响中国低碳技术产品贸易的决定因素

在创建低碳技术产品贸易货物数据集后，我们在引力方程框架内对中国低碳技术产品贸易进行实证分析。引力模型的发展已在文献综述部分进行了讨论。为了构建结果和控制变量，我们主要从世界发展指标（WDI）数据库中获取国家级时变变量。在回归前，所有解释变量都被标准化为 Z 分数。下表列出了所有变量的原始值汇总统计。

表 3 统计数据汇总(原始值)

| 变量                      | (1)<br>N | (2)<br>Mean | (3)<br>Sd     | (4)<br>Min | (5)<br>Max     |
|-------------------------|----------|-------------|---------------|------------|----------------|
| 出口至中国的低碳技术<br>(1000 美元) | 2,964    | 419,596.861 | 2,291,309.087 | 0.001      | 29,231,552.000 |
| 从中国进口的低碳技术<br>(1000 美元) | 4,697    | 260,305.829 | 1,095,671.068 | 0.024      | 19,581,512.000 |
| 出口至中国的矿产(1000 美<br>元)   | 2,164    | 797,745.334 | 4,432,737.489 | 0.007      | 78,880,472.000 |
| 从中国进口的矿产 (1000 美<br>元)  | 1,941    | 9,474.610   | 66,353.792    | 0.001      | 1,559,630.000  |
| 义务教育                    | 3,447    | 9,305       | 2.212         | 4.000      | 16.000         |
| 腐败治理                    | 3,640    | -0.058      | 1.001         | -1.849     | 2.459          |
| 国内信贷 (占 GDP 的比重)        | 3,666    | 48.904      | 51.091        | 0.002      | 525.704        |
| 外国直接投资流入<br>(占 GDP 的比重) | 4,554    | 4.935       | 15.212        | -57.532    | 449.081        |
| GDP 增速                  | 4,569    | 3.661       | 5.697         | -50.339    | 149.973        |
| 国内储蓄额(占 GDP 的比重)        | 4,091    | 19.596      | 16.948        | -86.912    | 87.827         |
| 通货膨胀                    | 4,266    | 14.789      | 131.869       | -16.860    | 4,734.914      |
| 人均外国援助                  | 3,487    | 99.975      | 266.329       | -131.942   | 4,732.423      |
| 政治稳定性                   | 3,655    | -0.067      | 0.979         | -3.313     | 1.759          |
| 人口增长                    | 4,697    | 1.505       | 1.604         | -16.049    | 19.360         |
| 实际利率                    | 2,903    | 6.578       | 12.519        | -93.513    | 139.964        |
| 监管质量                    | 3,631    | -0.061      | 0.982         | -2.548     | 2.255          |
| 加权平均关税                  | 3,206    | 7.077       | 10.332        | 0.000      | 421.500        |
| 国内人均生产总值 (取自然<br>对数)    | 4,480    | 9.159       | 1.189         | 6.079      | 11.701         |

|                                 |       |        |         |        |           |
|---------------------------------|-------|--------|---------|--------|-----------|
| 总储量 (占 GDP 的比重)                 | 4,183 | 16.882 | 17.400  | 0.029  | 229.480   |
| 实际有效汇率指数(滚动标准差)                 | 2.288 | 5.387  | 7.449   | 0.143  | 110.278   |
| 通货膨胀(滚动标准差)                     | 4,047 | 11.673 | 104.557 | 0.080  | 3,655.932 |
| 贸易开放度                           | 4,107 | 0.597  | 0.347   | 0.092  | 3.445     |
| 国内生产总值 (取自然对数)                  | 4,619 | 23.851 | 2.354   | 17.150 | 30.694    |
| 二氧化碳排放量(kt)(取自然对数)              | 4,697 | 9.357  | 2.413   | 1.887  | 15.569    |
| 二氧化碳排放量(人均吨数)                   | 4,697 | 4.372  | 5.643   | 0.022  | 47.657    |
| 二氧化碳排放量(kg 每购买力平价 GDP)          | 4,528 | 0.290  | 0.257   | 0.034  | 2.382     |
| 二氧化碳排放量(kg 每 2017 年基准购买力平价 GDP) | 4,490 | 0.240  | 0.202   | 0.022  | 2.085     |

如前文分析, 在过去几年, 中国和其贸易伙伴之间的低碳技术产品贸易一直在大幅增长。然而, 低碳技术产品贸易的增长在不同国家中呈现出异质性。因此, 在这部分分析中, 我们研究中国和其贸易伙伴间进行低碳技术产品贸易的潜在决定因素, 回归模型设定如下:

$$LCT_{i,t} = \alpha + \beta X_{i,t-1} + \phi_i + \eta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中,  $LCT_{i,t}$  是中国在  $t$  年向贸易伙伴  $i$  出口或进口的低碳技术产品贸易总量;  $X_{i,t-1}$  是滞后一期的  $t-1$  年中, 可能影响中国与贸易伙伴  $i$  的低碳技术产品贸易的所有变量。解释变量的选择遵循引力方程的文献;  $\phi_i$  是贸易伙伴固定效应;  $\eta_t$  是年份固定效应。

## (二) 影响中国矿物贸易的决定因素

由于转型矿物在低碳技术供应链中发挥着重要作用, 我们进一步研究中国与其贸易伙伴间转型矿物贸易的潜在决定因素, 建立回归模型如下:

$$Minerals_{i,t} = \alpha + \beta X_{i,t-1} + \phi_i + \eta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

其中,  $Minerals_{i,t}$  是中国在  $t$  年向贸易伙伴  $i$  出口或进口的转型矿物总量;  $X_{i,t-1}$  是滞后一期的  $t-1$  年中, 可能影响中国与贸易伙伴  $i$  矿物贸易的所有变量; 解释变量的选择遵循引力方程的文献;  $\phi_i$  是贸易伙伴固定效应;  $\eta_t$  是年份固定效应。

### （三）中国低碳技术产品贸易对贸易伙伴环境的影响

在这部分分析中，我们将从中国进口的低碳技术产品贸易作为自变量，研究与中国开展低碳技术产品贸易对一国环境绩效的影响。这些变量包括总量和行业层面的二氧化碳、氮和甲烷排放量。低碳技术产品贸易进口对环境的潜在影响可能通过直接渠道（如采用较新的低碳技术）和间接渠道（如在贸易中学习）产生。

我们预计，从中国进口低碳产品能够在绝对排放量、人均排放量和单位 GDP 排放三个维度上降低一个国家的碳排放水平。我们还预计，该影响在不同部门间呈现出异质性。例如，进口中国的电车来取代化石燃料汽车会减少贸易伙伴在运输部门的碳排放。

除了关键的核心变量外，我们还引入了包括 GDP 增长率、对数转换的 GDP 规模、人均 GDP、国内储蓄总额、金融部门提供的国内信贷、通货膨胀和通货膨胀的滚动标准差、实际利率、实际有效汇率的滚动标准差、总储备、贸易开放度、人口增长等一系列控制变量。所有变量均来源于世界发展指标（WDI）数据库。

具体来说，为了估计中国低碳技术商品的进出口对一国经济和环境绩效的影响，我们构建了以下回归模型：

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta LCT_{i,t-1} + \Gamma' X_{i,t-1} + \phi_i + \eta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中 $Y_{i,t}$ 是 $t$ 年贸易伙伴 $i$ 的环境结果变量；考虑到采用低碳技术所需的时间， $LCT_{i,t-1}$ 是滞后一期的 $t-1$ 年中，中国向贸易伙伴 $i$ 的低碳技术产品贸易出口总额； $X_{i,t-1}$ 是滞后一期的 $t-1$ 年中，包含的贸易伙伴 $i$ 的所有控制变量； $\phi_i$ 是贸易伙伴固定效应； $\eta_t$ 是年份固定效应。

### （四）经济机制

基准回归反映了从中国进口的低碳技术产品贸易对一个国家环境变量的总体影响，我们进一步开展经济机制分析，回归模型设定如下：

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 LCT_{i,t-1} \times CV_{i,t-1} + \beta_2 LCT_{i,t-1} \times \beta_3 CV_{i,t-1} + \Gamma' X_{i,t-1} + \phi_i + \eta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

除变量 $CV_{i,t-1}$ 外，方程中变量含义与方程（3）相同。 $CV_{i,t-1}$ 表示 $t-1$ 年贸易伙伴 $i$ 的渠道变量。 $CV_{i,t-1}$ 通过交互项 $LCT_{i,t-1} \times CV_{i,t-1}$ 影响 $LCT_{i,t-1}$ 的环境绩效。根据文献综述中讨论的经济增长和贸易相关理论，我们认为以下变量可以作为潜在的渠道变量：人力资本、政治稳定性、外国直接投资流入以及收到的外国援助。尽管研究中将所有模型右侧变量进行了滞后处理，以避免反向因果关系，但当前部分的实证设计可能仍存在内生性问题，我们计划在未来的研究中进一步解决这个问题。

## 六、实证结果

## （一）中国低碳技术产品贸易的决定因素

我们在表 4 中列出了中国低碳技术产品贸易决定因素的回归结果。第（1）列是从中国进口的低碳技术产品贸易；第（2）列是向中国出口的低碳技术产品贸易。首先，国内生产总值规模越大的国家倾向于从中国进口更多的低碳技术产品，这与数据和引力模型的预测一致；同时，以人均国内生产总值为基准的经济发展水平对中国低碳技术产品进出口产生负面影响：人均 GDP 较高的国家从中国进口较少的低碳技术产品，而向中国出口较多的低碳技术产品。其次，通货膨胀和通货膨胀的不确定性（以 4 年滚动标准差衡量）与中国的低碳技术产品进出口贸易负相关。此外，回归结果显示实际有效汇率的 4 年滚动标准差与中国的低碳技术产品贸易之间存在正相关关系。最后，贸易开放度和政治稳定能推动从中国进口低碳技术产品，而关税在中国的低碳技术产品贸易中作用不显著。

表 4 中国低碳技术产品贸易的决定因素

|                 | 从中国进口 LCT (取自然对数)    | 出口到中国 LCT (取自然对数)     |
|-----------------|----------------------|-----------------------|
|                 | (1)                  | (2)                   |
| 国内生产总值          | 4.081***<br>(7.87)   | -2.179<br>(-1.43)     |
| GDP 增速          | 0.051<br>(0.98)      | -0.201<br>(-1.44)     |
| 人均 GDP          | -2.007***<br>(-4.28) | 4.993***<br>(3.50)    |
| 国内储蓄总额          | 0.118<br>(1_25)      | 0.406<br>(1.56)       |
| 国内信贷            | -0.041<br>(-0.68)    | -0.037<br>(-0.26)     |
| 通货膨胀            | -2.766*<br>(-1.78)   | -14.001***<br>(-3.46) |
| 通货膨胀(滚动标准差)     | 0.052<br>(0.19)      | -2.149***<br>(-3.30)  |
| 实际利率            | 0.062<br>(1.45)      | 0.179<br>(1.45)       |
| 实际有效汇率指数(滚动标准差) | 0.111**<br>(2.11)    | 0.494***<br>(3.51)    |
| 总储量             | -0.352***            | 0.005                 |

|                  |          |           |
|------------------|----------|-----------|
|                  | (-3.42)  | (0.02)    |
| 贸易开放度            | 0.411*** | 0.147     |
|                  | (6.10)   | (0.87)    |
| 人口增长速度           | 0.021    | -0.030    |
|                  | (0.29)   | (-0.16)   |
| 加权平均关税           | -0.025   | 0.306     |
|                  | (-0.23)  | (0.89)    |
| 腐败治理             | -0.074   | -1.478*** |
|                  | (-0.52)  | (-3.87)   |
| 政治稳定性            | 0.251*** | 0.094     |
|                  | (2.96)   | (0.41)    |
| 监管质量             | 0.172    | 0.258     |
|                  | (1.17)   | (0.65)    |
| Trade Partner FE | Yes      | Yes       |
| Year FE          | Yes      | Yes       |
| Observations     | 830      | 725       |

注：本表列出了从中国进口低碳技术产品和向中国出口低碳技术产品的决定因素。所有自变量均进行了标准化和滞后一期处理，每个模型均固定了截面和年份效应，括号中数值为 t 统计量，\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5%和 10%水平下显著。

## （二）中国矿物贸易的决定因素

表 5 中列出了矿物贸易决定因素的回归结果。与低碳技术产品贸易不同，矿物进出口与加权平均关税密切相关。提高加权平均关税将减少来自中国的矿物进口和对中国的矿物出口。受贸易多样化的影响，贸易开放度对从中国进口矿物产生了负面影响。有少量证据显示，经济上较发达的国家倾向于从中国进口更多的矿物，而向中国出口少量矿物。最后，以滚动标准差表示的汇率不确定性将减少对中国的矿物出口。

表 5 中国矿物贸易的决定因素

|        | 从中国进口矿物(取自然对数) | 向中国出口矿物(取自然对数) |
|--------|----------------|----------------|
|        | (1)            | (2)            |
| 国内生产总值 | 0.420          | 2.100          |
|        | (0.23)         | (1.02)         |
| GDP 增速 | -0.127         | -0.120         |
|        | (-0.63)        | (-0.55)        |

|                  |           |          |
|------------------|-----------|----------|
| 人均 GDP           | 3.224*    | -0.706   |
|                  | (1.84)    | (-0.36)  |
| 国内储蓄总额           | -0.336    | 0.297    |
|                  | (-0.88)   | (0.76)   |
| 国内信贷             | -0.274    | -0.096   |
|                  | (-1.05)   | (-0.27)  |
| 通货膨胀             | 18.891**  | -10.693  |
|                  | (2.23)    | (-1.09)  |
| 通货膨胀(滚动标准差)      | 0.317     | 1.192    |
|                  | (0.37)    | (1.37)   |
| 实际利率             | 0.212     | -0.104   |
|                  | (0.86)    | (-0.40)  |
| 实际有效汇率指数(滚动标准差)  | 0.215     | -0.389** |
|                  | (1.35)    | (-2.06)  |
| 总储量              | 0.211     | -0.105   |
|                  | (0.67)    | (-0.25)  |
| 贸易开放度            | -0.813*** | -0.346   |
|                  | (-3.99)   | (-1.34)  |
| 人口增长速度           | 0.095     | -0.049   |
|                  | (0.32)    | (-0.18)  |
| 加权平均关税           | -0.942**  | -0.837*  |
|                  | (-2.13)   | (-1.91)  |
| 腐败治理             | 0.066     | -0.056   |
|                  | (0.13)    | (-0.09)  |
| 政治稳定性            | 0.382     | 0.300    |
|                  | (1.45)    | (0.90)   |
| 监管质量             | -0.069    | 0.240    |
|                  | (-0.14)   | (0.39)   |
| Trade Partner FE | Yes       | Yes      |
| Year FE          | Yes       | Yes      |
| Observations     | 504       | 545      |

注：本表列出了从中国进口矿物和向中国出口矿物的决定因素。所有自变量均进行了标准化和滞后一期处理，每个模型均固定了截面和年份效应，括号中数值为 t 统计量，\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5%和 10%水平下显著。

### (三) 中国低碳技术产品贸易对贸易伙伴环境的影响

中国低碳技术产品贸易对贸易伙伴环境的回归结果在表 6 中列出。第 (1) 至 (4) 列, 报告了从中国进口低碳技术产品对进口国二氧化碳排放的影响。具体而言, 第 (1) 列为对数化处理的二氧化碳排放量 (单位: 千吨); 第 (2) 列为人均碳排放量 (单位: 吨); 第 (3) 和第 (4) 列为单位 GDP 碳排放量 (单位: 千克)。我们发现, 在不同碳排放衡量标准下, 从中国进口低碳技术产品可以显著减少进口国的二氧化碳排放量。使用细分行业数据, 我们进一步发现, 运输部门的液体燃料和燃料燃烧是碳排放减少最多的燃料类别。对这一发现的解释是, 由于从中国进口电动汽车或相关技术的增加, 进口国汽车使用的液体燃料已经减少。最后, 我们发现从中国进口低碳技术产品对进口国 NO 和 PM2.5 这类环境的影响尚未被记录。

表 6 中国低碳技术产品贸易对贸易伙伴环境的影响

| Dep: 二氧化碳排放量      | All<br>kt(ln)        | All<br>tons/capita   | All<br>kg/GDP(PPP)   | All<br>kg/GDP(PPP,2017) | Liquid Fuel<br>kt(ln) | Transportation<br>% of fuel combustion |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|--|
|                   | (1)                  | (2)                  | (3)                  | (4)                     | (5)                   | (6)                                    |
| 从中国进口的 LCT        | -0.023***<br>(-3.51) | -0.288***<br>(-9.63) | -0.017***<br>(-6.34) | -0.009***<br>(-7.05)    | -0.022***<br>(-3.10)  | -0.822***<br>(-5.46)                   |
| GDP 增速            | 0.030***<br>(3.07)   | 0.049<br>(1.10)      | 0.017***<br>(4.24)   | 0.005**<br>(2.45)       | 0.035***<br>(2.82)    | -0.404<br>(-1.39)                      |
| 人均 GDP            | -0.321***<br>(-4.27) | 1.828***<br>(5.39)   | -0.229***<br>(-7.45) | -0.140***<br>(-9.54)    | -0.499***<br>(-4.62)  | -11.683***<br>(-4.27)                  |
| 通货膨胀              | 0.140***<br>(2.83)   | 0.173<br>(0.78)      | 0.091***<br>(4.48)   | 0.029***<br>(3.03)      | 0.064<br>(1.08)       | -1.070<br>(-1.06)                      |
| 贸易开放度             | -0.071***<br>(-4.68) | -0.242***<br>(-3.52) | -0.052***<br>(-8.33) | -0.023***<br>(-7.82)    | -0.056***<br>(-2.93)  | 1.215***<br>(3.19)                     |
| Control Variables | Yes                  | Yes                  | Yes                  | Yes                     | Yes                   | Yes                                    |
| Trade Partner FE  | Yes                  | Yes                  | Yes                  | Yes                     | Yes                   | Yes                                    |
| Year FE           | Yes                  | Yes                  | Yes                  | Yes                     | Yes                   | Yes                                    |
| Observations      | 1,018                | 1,018                | 1,018                | 1,018                   | 853                   | 607                                    |

注：本表列出了从中国进口低碳技术产品对二氧化碳排放的影响。所有自变量均进行了标准化和滞后一期处理，每个模型均固定了截面和年份效应，括号中数值为 t 统计量，\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5%和 10%水平下显著。

## (四) 经济机制

### 1. 人力资本

根据方程 (4)，我们进一步分析进口国的人力资本是否会影响从中国进口低碳技术产品的环境效应。因此，我们在回归中引入义务教育以及低碳技术产品进口与义务教育的交互项。如表 7 所示，低碳技术产品进口和义务教育的交互项与四种二氧化碳排放衡量指标都呈负相关关系。结果表明，进口国的教育水平放大了从中国进口低碳技术产品的环境效益，可能的原因是人力资本不仅和研发回报相联系，并且在采用国外获得的低碳技术产品方面也发挥着关键作用。

表 7 经济机制：人力资本

| Dep: 二氧化碳排放量      | All                  | All                  | All                | All                 |
|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
|                   | kt(ln)               | tons/capita          | kg/GDP(PPP)        | kg/GDP(PPP, 2017)   |
|                   | (1)                  | (2)                  | (3)                | (4)                 |
| LCT 进口 x 义务教育     | -0.021***<br>(-2.99) | -0.312***<br>(-9.58) | -0.006*<br>(-1.92) | -0.004**<br>(-2.44) |
| 从中国进口 LCT         | -0.001<br>(-0.07)    | 0.024<br>(0.58)      | -0.008*<br>(-1.77) | -0.004**<br>(-2.26) |
| 义务教育              | 0.038***<br>(3.65)   | 0.244***<br>(5.07)   | 0.019***<br>(3.94) | 0.011***<br>(5.18)  |
| Control Variables | Yes                  | Yes                  | Yes                | Yes                 |
| Trade Partner FE  | Yes                  | Yes                  | Yes                | Yes                 |
| Year FE           | Yes                  | Yes                  | Yes                | Yes                 |
| Observations      | 825                  | 825                  | 825                | 825                 |

注：本表为从中国进口低碳技术产品与以义务教育为代理变量的人力资本对二氧化碳排放的联合效应。所有自变量均进行了标准化和滞后一期处理，每个模型均固定了截面和年份效应，括号中数值为 t 统计量，\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5%和 10%水平下显著。

### 2. 政治稳定性

第二个潜在影响机制是政治稳定性。进口国的制度环境可能影响从中国进口低碳技术产品的有效使用。政治稳定性较高的国家能够规划和实现长期目标，特别是与环境和技术相关的长期目标。因此，我们将低碳技术产品进口和政治稳定性的交互项引入回归模型中。回归结果如表 8 所示，第 (1)、(2) 和 (4) 列中，交互项的估计值均为负值，且通过显著性检验，这表明从中国进口低碳技术产品在政治稳定性更高的国家减排效应更明显。

表 8 经济机制：政治稳定性

| Dep: 二氧化碳排放量 | All    | All         | All         | All               |
|--------------|--------|-------------|-------------|-------------------|
|              | kt(ln) | tons/capita | kg/GDP(PPP) | kg/GDP(PPP, 2017) |
|              | (1)    | (2)         | (3)         | (4)               |

|                   |          |           |           |           |
|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| LCT 进口 x 政治稳定性    | -0.025** | -0.161*** | -0.001    | -0.004*   |
|                   | (-2.16)  | (-3.17)   | (-0.27)   | (-1.75)   |
| 从中国进口 LCT         | -0.008   | -0.192*** | -0.013*** | -0.006*** |
|                   | (-0.88)  | (-4.92)   | (-3.81)   | (-3.44)   |
| 政治稳定性             | 0.091*** | 0.145*    | 0.042***  | 0.022***  |
|                   | (4.97)   | (1.82)    | (6.03)    | (6.39)    |
| Control Variables | Yes      | Yes       | Yes       | Yes       |
| Trade Partner FE  | Yes      | Yes       | Yes       | Yes       |
| Year FE           | Yes      | Yes       | Yes       | Yes       |
| Observations      | 879      | 879       | 879       | 879       |

注：本表为从中国进口低碳技术产品与政治稳定对二氧化碳排放的联合效应。所有自变量均进行了标准化和滞后一期处理，每个模型均固定了截面和年份效应，括号中数值为 t 统计量，\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5%和 10%水平下显著。

### 3. 外国直接投资

外国直接投资流入是另一个可能提高中国低碳技术产品有效使用的变量。根据以往的研究，外国直接投资通常与较高的技术和人力资本存量有关，而技术和人力资本存量对低碳技术产品有效使用具有重要的作用。因此，我们将低碳技术产品进口和对外资本流入的交互项引入回归模型中。回归结果如表 9 所示，在第（1）和（2）列中，交互项的估计值为负值，且通过显著性检验。这说明外国直接投资流入量增加，从中国进口低碳技术产品则可以减少更多的二氧化碳排放。然而，外国直接投资流入未对单位 GDP 的二氧化碳排放量产生影响。

表 9 经济机制：外国直接投资

| Dep: 二氧化碳排放量      | All      | All         | All         | All               |
|-------------------|----------|-------------|-------------|-------------------|
|                   | kt(ln)   | tons/capita | kg/GDP(PPP) | kg/GDP(PPP, 2017) |
|                   | (1)      | (2)         | (3)         | (4)               |
| LCT 进口 x 外国直接投资流入 | -0.109** | -0.710***   | 0.005       | -0.005            |
|                   | (-2.37)  | (-3.40)     | (0.25)      | (-0.57)           |
| 从中国进口 LCT         | -        | -0.352***   | -0.017***   | -0.010***         |
|                   | 0.034*** | (-4.36)     | (-10.10)    | (-5.35)           |
| 外国直接投资流入          | 0.020    | -0.018      | 0.012*      | 0.006*            |
|                   | (1.25)   | (-0.25)     | (1*82)      | (1.82)            |
| Control Variables | Yes      | Yes         | Yes         | Yes               |
| Trade Partner FE  | Yes      | Yes         | Yes         | Yes               |
| Year FE           | Yes      | Yes         | Yes         | Yes               |
| Observations      | 1,018    | 1,018       | 1,018       | 1,018             |

注：本表为从中国进口低碳技术产品和外国直接投资流入对二氧化碳排放的联合效应。所有自变量均进行了标准化和滞后一期处理，每个模型均固定了截面和年份效应，括号中数值为 t 统计量，\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5%和 10%水平下显著。

#### 4. 外国援助

从外国获得的发展援助是推动低碳技术产品使用的另一个影响因素。大部分外国援助由发达国家提供，这些国家通常拥有先进的技术和人力资本，这种技术和人力资本知识可能会外溢到援助接受国。因此，我们在模型中引入了低碳技术产品进口和收到外国援助的交互项。回归结果如表 10 所示，第(1)至(4)列交互项的估计值均为负值，并且通过显著性检验。这说明进口国接受外国援助时，从中国进口低碳技术产品的环境减排效应会增强。

表 10 经济机制：外国援助

| Dep: 二氧化碳排放量      | All<br>kt(ln)<br>(1) | All<br>tons/capita<br>(2) | All<br>kg/GDP(PPP)<br>(3) | All<br>kg/GDP(PPP,2017)<br>(4) |
|-------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| LCT 进口 x 接受的外国救助  | -3.751***<br>(-2.93) | -9.938***<br>(-3.14)      | -1.824***<br>(-4.98)      | -0.564**<br>(-2.42)            |
| 从中国进口 LCT         | -1.107***<br>(-2.92) | -2.785***<br>(-2.98)      | -0.555***<br>(-5.11)      | -0.167**<br>(-2.42)            |
| 接受的外国救助           | -0.778***<br>(-2.75) | -2.234***<br>(-3.20)      | -0.378***<br>(-4.67)      | -0.102**<br>(-1.98)            |
| Control Variables | Yes                  | Yes                       | Yes                       | Yes                            |
| Trade Partner FE  | Yes                  | Yes                       | Yes                       | Yes                            |
| Year FE           | Yes                  | Yes                       | Yes                       | Yes                            |
| Observations      | 625                  | 625                       | 625                       | 625                            |

注：本表为从中国进口低碳技术产品与接受的国外救助对二氧化碳排放的联合效应。所有自变量均进行了标准化和滞后一期处理，每个模型均固定了截面和年份效应，括号中数值为 t 统计量，\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5%和 10%水平下显著。

#### (五) 性别分析

随着性别平等的提高，人才库得以扩充以推动经济增长，尤其是在低碳技术和矿产贸易领域带来了更多经济机会，接下来我们将基于实证框架进行性别分析，以探讨性别平等与低碳技术贸易之间的关系。具体来说，我们在方程(1)和(2)中加入了额外的性别相关变量，以检验低碳技术和矿产贸易是否与女性在职场中的表现相关。需要注意的是，之前确定的低碳技术和矿产贸易的决定因素仍被作为控制变量纳入，但为了简化表格，未报告其估计值。低碳技术贸易的结果见表 11，矿产贸易的结果见表 12。

首先，我们发现性别平等与各国对华低碳技术出口高度相关。例如，女性雇主占总女性就业的比例、女性就业率以及服务业女性就业比例均与对华低碳技术出口呈正相关关系，这表明职场女性，尤其是领导岗位的女性，是推动低碳技术出口的最重要因素之一。相反，来自中国的低碳技术进口与进口国的性别特定表现的相关性较低，除了工业领域的女性就业比例与来自中国的低碳技术进口呈负相关关系。

表 12 中的结果显示，来自中国的矿产进口和对华矿产出口均与性别变量的表现显著相关。具体而言，女性雇主占总女性就业的比例以及女性与男性劳动参与率的比例均对来自中国的矿产进口有正向贡献。这意味着，社会中女性的相对表现是矿产进口的决定因素之一。此外，工业和服务业的女性就业

比例以及女性的一般劳动参与率均与对华矿产出口呈正相关关系。换句话说，女性在工业和服务业中的存在对矿产出口以及总体经济具有特别重要的作用。

总而言之，我们的性别分析提供了证据表明，女性在低碳技术和矿产国际贸易中的表现非常重要。女性参与和社会包容环境对经济竞争力有贡献。具有更好女性劳动力包容性的国家能够更好地抓住可持续贸易和可持续供应链所带来的经济和环境机会。

表 11 中国低碳技术产品贸易的性别相关决定因素

|                   | 从中国进口 LCT (取自然对数)<br>(1) | 向中国出口 LCT (取自然对数)<br>(2) |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| 女性雇主              | 0.054<br>(0.87)          | 0.366**<br>(2.20)        |
| 女性就业              | 0.257<br>(0.63)          | 2.195**<br>(2.02)        |
| 女性在工业中的就业         | -0.281*<br>(-1.96)       | 0.177<br>(0.45)          |
| 女性在服务业中的就业        | 0.254<br>(0.79)          | 2.426***<br>(2.84)       |
| 女性劳动力参与率          | 0.060<br>(0.11)          | -1.261<br>(-0.89)        |
| 女性相较于男性劳动力参与率     | -0.342<br>(-1.03)        | -0.436<br>(-0.51)        |
| Control Variables | Yes                      | Yes                      |
| Trade Partner FE  | Yes                      | Yes                      |
| Year FE           | Yes                      | Yes                      |
| Observations      | 802                      | 707                      |

注：本表列出了从中国进口低碳技术产品和向中国出口低碳技术产品与性别相关的决定因素。所有自变量均进行了标准化和滞后一期处理，括号内为 t 统计量，\*\*\*、\*\* 和 \* 分别表示在 1%、5% 和 10%水平下显著。

表 12 中国矿物贸易的性别相关决定因素

|            | 从中国进口矿物 (取自然对数)<br>(1) | 向中国出口矿物(取自然对数)<br>(2) |
|------------|------------------------|-----------------------|
| 女性雇主       | 0.494**<br>(2.32)      | -0.224<br>(-0.86)     |
| 女性就业       | -1.223<br>(-0.82)      | -3.342*<br>(-1.94)    |
| 女性在工业中的就业  | -1.094*<br>(-1.87)     | 1.800***<br>(3.01)    |
| 女性在服务业中的就业 | -0.154                 | 4.240***              |

|                   |          |         |
|-------------------|----------|---------|
|                   | (-0.12)  | (3.01)  |
| 女性劳动力参与率          | -0.521   | 3.895*  |
|                   | (-0.27)  | (1.70)  |
| 女性相较于男性劳动力参与率     | 3.134*** | -1.984  |
|                   | (2.83)   | (-1.40) |
| Control Variables | Yes      | Yes     |
| Trade Partner FE  | Yes      | Yes     |
| Year FE           | Yes      | Yes     |
| Observations      | 504      | 545     |

注：本表列出了从中国进口矿物和向中国出口矿物与性别相关的决定因素。所有自变量均进行了标准化和滞后一期处理，括号内为 t 统计量，\*\*\*、\*\* 和 \* 分别表示在 1%、5% 和 10%水平下显著。

## 七、 政策建议

### (一) 加大可再生能源研发补贴力度以推动创新，引领全球能源安全

中国应保持并可能增加对可再生能源技术的研发补贴。这一支持不仅应促进出口，还应侧重于提高国内可再生能源解决方案的采纳率。通过在国内推动创新和技术进步，中国可以巩固其作为全球可再生能源领导者的地位，同时解决国内能源需求和环境挑战。持续的研发补贴将推动创新，使中国的可再生能源技术在全球更具竞争力，减少对化石燃料的依赖，降低碳排放，并提高能源安全性。具体而言，中国可以建立专门的国家基金来资助可再生能源的研发项目，向投资于可再生能源研发的公司和研究机构提供税收优惠，在区域内设立专注于可再生能源研发的创新中心以推动区域经济增长和专业化，并在金融和研发领域加强南南合作。

**建立国家可再生能源研发基金：**为基金分配年度预算，来源包括政府收入、国际赠款和私营部门的捐助。实施竞争性拨款计划，支持太阳能、风能、生物质能等可再生能源技术的创新项目。鼓励大学、研究机构和私营公司之间的合作，以促进创新和技术转移。建立健全的监测和评估框架，以确保基金支出的透明性和有效性，并衡量资助项目的影响。

**为可再生能源研发提供税收激励：**引入相当于公司在可再生能源技术研发过程中产生的研发费用一定比例的税收抵免。允许可再生能源研发设备和设施相关资本支出加速折旧。对直接参与可再生能源研发的科学家、工程师和其他人员的工资提供额外的税收扣除。对通过可再生能源研发活动产生的专利和知识产权所得提供税收减免或豁免。

**建设区域可再生能源创新中心：**在可再生能源潜力大的关键地区投资建设最先进的研究设施和实验室。为位于这些创新中心的可再生能源初创企业提供种子资金、指导计划和企业孵化服务。促进地方政府、学术机构和私营企业之间的合作，共同开展大规模研发项目。通过提供资助、奖学金和优越的生活条件，吸引并留住可再生能源领域的顶尖国内外人才。

**建立中国政策性银行与全球南方国家同行之间的合作伙伴关系：**建立可再生能源项目管道设施及其他合作伙伴关系，以降低可再生能源的资本成本和从中国向全球南方转移技术的交易成本。加强中国与全球南方国家在研发方面的合作。这些合作伙伴关系应特别关注主要出口绿色转型关键矿物的贸

易伙伴。通过这些合作伙伴关系，帮助贸易伙伴减少矿物生产过程中的碳排放，并在关键矿物价值链上提升位置。

## （二）稳定出口价格，促进与合作伙伴之间稳定的贸易和投资关系

中国应实施政策与主要贸易伙伴保持稳定的出口价格。稳定的出口价格减少了出口商、进口商和投资者的不确定性，促进了稳定的贸易和投资关系。具体而言，中国可以监测出口价格数据以进行预测和预警，扩大和加强与主要贸易伙伴的双边货币互换协议，定期与主要贸易伙伴进行宏观经济政策协调以促进出口价格稳定。

**监测出口价格数据以进行预测和预警：**建立一个全面的出口价格监测体系，特别是在低碳技术及相关矿产等关键领域。通过追踪价格趋势、市场需求和全球经济因素，中国能够及早发现价格波动的预警信号并采取主动应对措施。该监测体系可以包括数据分析工具，用于预测潜在的价格波动，从而使出口商能够提前调整战略。定期将这些预测和预警信息传达给相关利益方，有助于降低风险并在长期内稳定出口价格。

**加强双边货币互换协议：**与主要贸易伙伴协商并建立双边货币互换协议，以便在不依赖第三方货币的情况下促进贸易和投资。设定清晰的货币互换条款和条件，包括互换金额、期限和利率，以确保互惠互利和稳定。在金融压力期间利用货币互换提供流动性支持，从而减少价格压力和波动。监控和定期审查货币互换协议的有效性，并根据需要进行调整以优化其对出口价格稳定的影响。

**与主要贸易伙伴协调宏观经济政策：**建立正式机制，定期就宏观经济政策与主要贸易伙伴进行对话和协调，重点关注货币、财政和贸易政策。对齐利率政策和通胀目标，以减少可能导致出口价格波动的差异。在全球经济发展方面进行经济预测和政策响应的合作，以确保同步和相互支持的经济战略。促进国家之间的透明度和数据共享，以建立信任并促进有关出口价格管理政策的决策。

## （三）鼓励可再生能源和低碳技术领域的对外直接投资，促进全球合作

中国应继续鼓励和促进在可再生能源和低碳技术领域的对外直接投资，尤其是对主要贸易伙伴国的投资。对外直接投资有助于中国更深入地融入全球经济，促进更强的经济联系和合作。企业可以因此进入新的市场、获得资源和技术，从而提高生产力和竞争力。对外直接投资还可以使收入来源多样化，减少国内市场波动对经济的脆弱性，特别是对于可再生能源产业。具体而言，中国可以建立综合的财政激励和支持机制，以鼓励中国企业在海外投资于可再生能源和低碳技术领域，促进双边和多边合作，以促进技术转让和改善中国可再生能源和低碳技术公司的市场准入，并在此过程中着重关注南南合作。

**提供对外直接投资的财务激励和支持：**为在国外市场投资于可再生能源和低碳技术的公司实施税收优惠、低息贷款和补助。创建专门的基金或金融机构，为这些领域的海外投资提供资本。提供风险缓解工具，如保险和担保，以保护在东道国的政治和经济风险。此外，简化行政程序，减少对外直接投资的行政障碍，使企业更容易应对监管环境。

**发展双边和多边技术转让和市场准入的合作伙伴关系：**与东道国协商并建立促进技术交流、合资企业和可再生能源和低碳部门合作研发的协议。通过外交努力创造有利的监管环境，包括消除贸易壁垒和确保公平竞争。与国际组织和发展银行合作，共同融资和支持涉及中国公司的大规模可再生能源项目。在国际贸易博览会和论坛上推广中国的可再生能源和低碳技术，以吸引潜在合作伙伴和投资者。

**加强南南合作：**中国应积极追求并加强与全球南方国家的南南合作，通过建立合资企业和外国直接投资伙伴关系。这些举措应着重于促进可再生能源和低碳技术的转让，推动关键矿物的开采和加工，

并通过全面的技术转让和培训计划来增强当地的能力。这样做，中国可以确保发展中国家从技术进步中共同受益并提升其价值链，从而实现可持续的经济增长和减少碳排放。加强南南合作不仅将支持合作伙伴国家的发展，还将提升中国在全球绿色技术倡议中的领导地位。一个例子便是中国在过去几年对匈牙利进行的新能源汽车行业投资。

#### （四）推进贸易自由化，促进可持续贸易实践和全球供应链互联

中国应追求进一步的贸易自由化，以促进可持续贸易和供应链的发展。进一步的贸易自由化可以为国内可再生能源领域的企业创造更多商业机会，提高其生产力和竞争力。具体而言，中国可以推进出口目的地多元化、扩大进口规模、服务贸易特色化、多层次的区域经济合作以及“一带一路”倡议的差异化。

**出口目的地多元化：**当下国际形势复杂多变，中国出口企业不要只瞄准欧美成熟市场，应更加积极地开拓新兴国家市场，如金砖国家、中亚地区等。并且在向不同国家市场出口产品时，中国企业应根据目的地收入水平和现实情况提供差异化产品，在更好满足当地需求的同时增强竞争力。

**进口规模扩大化：**从宏观政策上看，应持续扩大进口，降低关税，减少贸易成本。这样一来，更多产品可以进入国内市场，有助于提高消费者的幸福感和获得感。从企业的角度来讲，若进口的是中间品，成本下降有利于企业利润的可持续增长以及地方财政利税的增加；若进口的是最终品，关税下降短期会带来竞争，但在长期优胜劣汰中会使得行业生产率上升，为行业发展带来利好。

**服务贸易特色化：**中国已经是全球货物贸易第一大国，但服务贸易还有较大发展空间，应从扩总量、调结构、树特色等方面努力。从总量上看，日前发布的《中国服务贸易发展报告 2022》显示，中国服务进出口规模总额达到 8891 亿美元。这一数据和美国的服务贸易总量还有一定差距。从结构上看，中国服务贸易在主要产业方面逆差较大，如教育服务是逆差最大的产业之一，应采取措施扩大服务贸易顺差；随着国门开放，中国丰富的旅游资源应得到更多国外游客的青睐，但软设施做得还不够，旅行服务质量有待提升。从特色上看，应找到中国服务贸易产业的比较优势来树立特色，如中医药产业就是可以努力的方向之一。将可再生能源解决方案与产品相结合，以增强可持续性并减少碳足迹的清洁能源服务，可能成为另一个增长来源。

**地区经贸合作层次化：**目前中国正在推进加入 CPTPP 进程，但因其成员国多、情况相对复杂，短期内实现较为困难。从要素开放到制度开放，推进中日韩自贸区建设也很重要。中日韩三国地缘近、优势互补，扩大中日韩经贸合作有助于促进区域经济一体化，强化地区产业链合作。

**“一带一路”差异化：**如今共建“一带一路”已经进入到下一个十年，未来，陆上丝绸之路建设的重点应放在向东加强和俄罗斯远东地区的经贸合作，海上丝绸之路建设的重点应“两头并进”，一方面向北推进中日韩自贸区建设，另一方面考虑加强和中东、西亚、北非的经贸合作，特别是推进跟伊朗、沙特和埃及等的自贸区建设。如果陆上丝绸之路向东发展、海上丝绸之路向北发展，就可以构建东北海陆大通道，重塑我国对外开放战略版图。

#### （五）改进对外沟通，消除关于中国产能过剩的误解

中国的产能过剩常常被误解，尤其在国际语境中，错误地与对发达国家如美国的产品倾销挂钩。为了有效应对这些误解，中国应加强对外沟通策略。这包括确保国内外平台信息传递的一致性，并在全球语境中清晰且自信地阐述中国的立场。具体而言，中国应重点关注产能过剩的内涵、产能过剩的成因、产业政策的解读以及美国反倾销措施中的谬误。

**把握产能过剩的涵义：**中国是否存在产能过剩的问题，取决于如何衡量产能过剩。如果按照潜在

生产量与实际生产量之间的差额来界定产能过剩，那么中国在某种程度上确实存在一定的产能过剩现象。但是，中国所提及的产能过剩与美国所宣称的因产能过剩而导致倾销，两者之间存在本质区别，从这个角度讲，产能过剩是个伪命题。

**剖析产能过剩的成因：**产能过剩是全球经济发展的共性问题，根据我们的测算，中国产能利用率同欧盟、美国、巴西等国家一样，都处在所谓的产能过剩合理区间。既然是共性问题，就需要进一步探讨产能过剩产生的根源。关于产能过剩的原因，主要有以下四个方面：一是市场因素。主要表现为有效需求不足，当前的产能过剩主要源于 2008 年全球金融危机之后的需求乏力。二是企业因素。大家对新赛道蜂拥而至，主要表现为“潮涌现象”或“羊群效应”。三是行业因素。某些行业未深入挖掘新质生产力，投资方式粗放，进入门槛低。四是地方政府因素。财政投入成为导致产能过剩的重要推力。以上因素中，有效需求不足是形成产能过剩最主要的因素。当前中国面临的产能过剩，其根源主要在于全球市场的有效需求不足。为应对这一问题，我们积极致力于构建全国统一大市场，以有效缓解世界有效需求不足带来的压力。

**解读中国的产业补贴政策：**正确认识所谓“产业补贴导致产能过剩，产能过剩导致产品倾销”的逻辑错误。在评判产业补贴是否对出口构成影响时，其标准应为中国的产业补贴政策是否与世界贸易组织（WTO）所确立的相关规则相悖。当前，中国的产业补贴以研发型补贴为主体，目的是技术创新，并未违反世界贸易组织（WTO）中红色补贴规定，且补贴受益者涵盖国有企业、民营企业、外资企业等多种所有制结构企业。

**阐释美国对中国采取反倾销的谬误：**一是证据不足。中国进口汽车并没有对美国本土汽车产业构成实质性损害。中国向美国出口的新能源汽车仅占美国汽车总销量的 1%，这一比例并不足以对美国本土汽车产业造成实质性伤害。实际上，美国汽车产业所面临的挑战主要源于其自身的产业空心化和价值链不完整，这些因素制约了其汽车产业的发展，而非仅仅因为中国进口汽车的竞争。二是力度无理。美国的平均税率在 37%左右，将中国界定为非市场经济国家，并对中国新能源汽车收取高达 100%的反倾销税，这一举措显然存在极大的不合理性。建立社会主义市场经济体制是中国特色社会主义的伟大创造，尽管中国经济一定程度上存在不平衡、不充分发展的问题，但中国经济毫无疑问是市场经济，市场在资源配置中一直发挥着决定性的作用。

## 八、结论

过去三十年间，低碳技术及相关矿产的全球贸易经历了重大转型，主要受到政策支持、技术进步以及中国等关键国家战略角色的推动。本研究提供了对可持续贸易和供应链的全面分析，强调了低碳技术在应对气候变化和促进可持续发展方面的重要作用。通过研究低碳技术贸易的动态、其环境影响以及影响这些趋势的因素，本研究为贸易政策、技术和产业发展以及气候可持续性之间的复杂相互作用提供了宝贵见解。

报告全面理解了当前可持续贸易和供应链的现状、环境效益以及提高其有效性所需的步骤。利用双边低碳技术贸易的创新数据集，我们发现自 2000 年代后期以来，中国已成为净出口国。贸易伙伴的经济发展和贸易开放是促成这一趋势的关键因素。更好的性别平等可以提高各国在全球清洁技术市场的竞争力。更重要的是，通过国际贸易吸收低碳技术商品与减少碳排放相关。

研究结果表明，中国可以通过国际合作在可持续贸易方面发挥领导作用。为了促进全球低碳技术贸易的可持续发展和加快能源转型，本报告建议中国政府应加强在可再生能源领域的战略投资，保持稳定的出口价格，推动对可再生能源部门的对外直接投资，并追求负责任的贸易与投资，特别是在全

球南方国家，将环境和社会保护纳入其中，并进一步改进有关产能过剩的对外沟通。这些措施对于促进经济增长和全球可持续性至关重要。此外，通过合资企业和外商直接投资伙伴关系加强南南合作，将有助于技术转移、产能建设和发展中国的经济发展。通过利用其专业知识和资源，中国可以帮助贸易伙伴在价值链上取得进展并实现可持续增长，从而创造一个更加公平和环境可持续的全球经济。

该报告呼吁政策制定者、企业和国际组织共同努力，致力于实现可持续的未来。通过将经济活动与环境目标对齐，有可能建立既有助于经济发展又能保护地球的具备韧性和可持续性的贸易网络。

虽然本报告提供了对全球低碳技术贸易及中国在其中作用的全面分析，但深化对全球低碳技术产业整个供应链的理解仍然至关重要。特别是，全球转型矿物的贸易是另一个亟需系统研究的重要问题。受到全球低碳技术市场迅速发展的推动，对锂、钴和镍等过渡材料的需求显著增加。这种需求的上升突显了潜在的风险，包括供应高度集中以及过渡材料产业链中的严重环境和社会影响。因此，中国与矿产出口国之间的贸易关系、中国在矿业部门的外国直接投资，以及与之相关的社会生态和地缘政治风险尤为重要。此外，日益激烈的地缘政治竞争对供应链稳定性构成了重大威胁，这进而影响全球低碳技术市场的稳定。在下一份 SPS 报告中，我们将在本文基础上对转型矿物供应链进行更加深入调查。

## 参考文献

1. Alesina, A., & Perotti, R. (1996). Income distribution, political instability, and investment. *European Economic Review*, 40(6), 1203-1228.
2. Anderson, J. E. (1979). A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *American Economic Review*, 69(1), 106-116.
3. Anderson, J. E., & Yotov, Y. V. (2020). Short Run Gravity. *Journal of International Economics*, 126, 103341.
4. Antweiler, W., Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2001). Is Free Trade Good for the Environment? *American Economic Review*, 91(4), 877-908.
5. APEC (Asia-Pacific Economic Cooperation). 2012. "2012 Leaders' Declaration." [https://www.apec.org/meeting-papers/leaders-declarations/2012/2012\\_aelm](https://www.apec.org/meeting-papers/leaders-declarations/2012/2012_aelm).
6. Arslanalp, Serkan, Kristina Kostial and Gabriel Quirós-Romero. 2023. Data for a Greener World: A Guide for Practitioners and Policymakers. Washington, DC: IMF. <https://www.imf.org/en/Publications/Books/Issues/2023/04/04/Data-for-a-Greener-World-A-Guide-for-Practitioners-and-Policymakers-522462>.
7. Baier, S. L., & Bergstrand, J. H. (2007). Do Free Trade Agreements Actually Increase Members' International Trade?. *Journal of International Economics*, 71(1), 72-95.
8. Balineau, G., & Dufeu, I. (2010). Are Exporters More Environmentally Friendly than Non-exporters? Theory and Evidence. *The World Economy*, 33(4), 540-566.
9. Bandara, P, Lu, J. Gallagher, K, Ray, B. (Forthcoming). Low Carbon Trade in the World Economy: A New Dataset. Global Development Policy Center, Working Paper.
10. Bergstrand, J. H. (1985). The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence. *Review of Economics and Statistics*, 67(3), 474-481.
11. Cole, M. A., & Elliott, R. J. R. (2003). Do Environmental Regulations Influence Trade Patterns? Testing Old and New Trade Theories. *World Economy*, 26(8), 1163-1186.
12. Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2004). Trade, Growth, and the Environment. *Journal of Economic Literature*, 42(1), 7-71.
13. Deardorff, A. V. (1998). Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World?. In *The Regionalization of the World Economy*, University of Chicago Press.
14. Dechezleprêtre, A., Glachant, M., & Ménière, Y. (2011). What Drives the International Transfer of Climate Change Mitigation Technologies? Empirical Evidence from Patent Data. *Environmental and Resource Economics*, 54(2), 161-178.
15. Dechezleprêtre, A., M. Glachant, and Y. Ménière. 2013. "What Drives the International Transfer of Climate Change Mitigation Technologies? Empirical Evidence from Patent Data." *Environmental and Resource Economics* 54 (2): 161–78.
16. Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455.
17. Dussaux, D., A. Dechezleprêtre, and M. Glachant. 2018. "Intellectual Property Rights Protection and the International Transfer of Low-Carbon Technologies." Working Paper 288, January, Grantham Research Center for Climate Change and the Environment.

18. Egger, P. (2002). An Econometric View on the Estimation of Gravity Models and the Calculation of Trade Potentials. *World Economy*, 25(2), 297-312.
19. Eichengreen, B., & Irwin, D. A. (1995). Trade Blocs, Currency Blocs and the Reorientation of World Trade in the 1930s. *Journal of International Economics*, 38(1-2), 1-24.
20. Fally, T. (2015). Structural Gravity and Fixed Effects. *Journal of International Economics*, 97(1), 76-85.
21. Glachant, M., D. Dussaux, Y. Meniere, and A. Dechezlepretre. 2013. "Promoting the International Transfer of Low-Carbon Technologies: Evidence and Policy Challenges." Report for the Commissariat général à la stratégie et à la prospective (French Center for Policy and Planning), MINES ParisTech, October.
22. Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. NBER Working Paper No. 3914.
23. Harrison, A., & Rodríguez-Clare, A. (2010). Trade, foreign investment, and industrial policy for developing countries. *Handbook of Development Economics*, 5, 4039-4214.
24. Head, K., & Mayer, T. (2014). Gravity Equations: Workhorse, Toolkit, and Cookbook. In *Handbook of International Economics* (Vol. 4, pp. 131-195). Elsevier.
25. Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-linked Analysis. *Environmental Science & Technology*, 43(16), 6414-6420.
26. Huang, Ping, Simona O. Negro, Marko P. Hekkert, and Kexin Bi. "How China became a leader in solar PV: An innovation system analysis." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 64 (2016): 777-789.
27. IEA (2023), *Global EV Outlook 2023*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>, Licence: CC BY 4.0
28. Jackson, Margaret M., Joanna I. Lewis, and Xiliang Zhang. "A green expansion: China's role in the global deployment and transfer of solar photovoltaic technology." *Energy for Sustainable Development* 60 (2021): 90-101.
29. Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2005). A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy. *Ecological Economics*, 54(2-3), 164-174.
30. Johnstone, N., Hašičič, I., & Popp, D. (2010). Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts. *Environmental and Resource Economics*, 45(1), 133-155.
31. Jones, Ben, Robert JR Elliott, and Viet Nguyen-Tien. "The EV revolution: The road ahead for critical raw materials demand." *Applied Energy* 280 (2020): 115072.
32. Kellenberg, D. K. (2009). An Empirical Investigation of the Pollution Haven Effect with Strategic Environment and Trade Policy. *Journal of International Economics*, 78(2), 242-255.
33. Kuriyama, Carlos. 2021. "A Review of the APEC List of Environmental Goods." Singapore: APEC. [https://www.apec.org/docs/default-source/publications/2021/10/a-review-of-the-apec-list-of-environmental-goods/221\\_psu\\_review-of-apec-list-of-environmental-goods.pdf](https://www.apec.org/docs/default-source/publications/2021/10/a-review-of-the-apec-list-of-environmental-goods/221_psu_review-of-apec-list-of-environmental-goods.pdf).
34. Levinson, A., & Taylor, M. S. (2008). Unmasking the Pollution Haven Effect. *International Economic Review*, 49(1), 223-254.
35. Linnemann, H. (1966). *An Econometric Study of International Trade Flows*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

36. Low, P., & Yeats, A. (1992). Do "Dirty" Industries Migrate?. In *International Trade and the Environment*, World Bank Discussion Paper No. 159.
37. Miao, Z., & Fortanier, F. (2017). Exporting the Pollution: Where Do Multinational Firms Emit CO<sub>2</sub>?. *Journal of International Economics*, 105, 1-18.
38. Ming, Zeng, Liu Ximei, Li Yulong, and Peng Lilin. "Review of renewable energy investment and financing in China: Status, mode, issues and countermeasures." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31 (2014): 23-37.
39. Nelson, R. R., & Phelps, E. S. (1966). Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *American Economic Review*, 56(2), 69-75.
40. Nemet, Gregory F. *How solar energy became cheap: A model for low-carbon innovation*. Routledge, 2019.
41. Pigato, Miria A., Simon J. Black, Damien Dussaux, Zhimin Mao, Miles McKenna, Ryan Rafaty, and Simon Toubou. 2020. *Technology Transfer and Innovation for Low-Carbon Development*. Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1500-3>.
42. Popp, D. (2006). International Innovation and Diffusion of Air Pollution Control Technologies: The Effects of NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> Regulation in the US, Japan, and Germany. *Journal of Environmental Economics and Management*, 51(1), 46-71.
43. Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.
44. Pöyhönen, P. (1963). A Tentative Model for the Volume of Trade Between Countries. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 90(1), 93-99.
45. Rose, A. K. (2000). One Money, One Market: The Effect of Common Currencies on Trade. *Economic Policy*, 15(30), 7-46.
46. Santos Silva, J. M. C., & Tenreyro, S. (2006). The Log of Gravity. *The Review of Economics and Statistics*, 88(4), 641-658.
47. Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439.
48. Sun, Xin, Minggao Ouyang, and Han Hao. "Surging lithium price will not impede the electric vehicle boom." *Joule* 6, no. 8 (2022): 1738-1742.
49. Taguchi, H. (2013). The Environmental Kuznets Curve in Asia: The Case of Sulfur and Carbon Emissions. *Asia-Pacific Development Journal*, 20(2), 29-49.
50. Tinbergen, J. (1962). *Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy*. The Twentieth Century Fund, New York.
51. Tobey, J. A. (1990). The Effects of Domestic Environmental Policies on Patterns of World Trade: An Empirical Test. *Kyklos*, 43(2), 191-209.
52. Wang, Q., Zhang, F., & Wei, Y. (2020). Trade Openness, Global Value Chain Participation and Environmental Performance in China's Manufacturing Sector. *Energy Economics*, 90, 104849.
53. Wang, Z., & Qin, H. (2018). The Impact of the Belt and Road Initiative on the Internationalization of China's Low-Carbon Technologies. *Journal of Cleaner Production*, 188, 43-51.
54. World Bank. 2008. *International Trade and Climate Change: Economic, Legal and Institutional Perspectives*. Washington, DC: World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/6831>.

55. Xie, Y., Wang, S., & Zhang, X. (2021). The Impact of the Belt and Road Initiative on Low-Carbon Technology Transfer: Empirical Evidence from China and Its Partner Countries. *Journal of Environmental Management*, 278, 111517.
56. Zhang, F., & Gallagher, K. S. (2016). Innovation and Technology Transfer through Global Value Chains: Evidence from China's PV Industry. *Energy Policy*, 94, 191-203.
57. Zhang, Y., Li, X., & Liu, J. (2019). Green Development and Environmental Protection in China's Belt and Road Initiative: A Comparative Study. *Journal of Cleaner Production*, 211, 507-520.
58. Zhou, X., Zhang, J., & Li, J. (2017). Industrial Structural Transformation and Carbon Emissions in China. *Energy Policy*, 102, 412-421.