

# 以邻为壑还是以邻为伴？\*

## ——“一带一路”倡议对双边“绿色”产业互补的影响研究

于雅雯 熊航 毛海欧

**内容摘要：**本文采用世界投入产出法测算出各国的单位产值隐含碳成本，并用两国的单位隐含碳成本之比衡量双边“绿色”产业互补水平。在此基础上，构造双重差分（DID）模型检验“一带一路”倡议对双边“绿色”产业互补性的影响和有关作用机制。对“五通”政策和沿线区域的异质性分析表明，“一带一路”倡议通过提高沿线国资本要素和碳减排技术水平显著提升了“绿色”互补水平；“绿色”互补性在中亚和中东欧国家尤为明显；中国与政治互信程度高的沿线国家的“绿色”互补性更显著。本文从理论和实证两方面评估了在“双碳”背景下“一带一路”倡议对双边“绿色”产业互补关系的影响，丰富了对“一带一路”倡议经济效应有关问题的研究，提出了提升“一带一路”合作共建水平的针对性政策建议。

**关键词：**“绿色”产业互补指数 隐含碳 “一带一路”倡议 “五通”政策 要素禀赋论  
**领域：**国际经济与贸易

---

\*于雅雯，硕士研究生，华中农业大学经济管理学院、华中农业大学宏观农业研究院，通讯地址：湖北省武汉市洪山区狮子山街1号华中农业大学第三综合楼A706，邮编：430072，电话：13016499915，电子邮箱：[yawen.yu8@outlook.com](mailto:yawen.yu8@outlook.com)。

熊航，教授，华中农业大学经济管理学院、华中农业大学宏观农业研究院，通讯地址：湖北省武汉市洪山区狮子山街1号第三综合楼A706，邮编：430072，电话：18971599161，电子邮箱：[hang.xiong@outlook.com](mailto:hang.xiong@outlook.com)

毛海欧（通讯作者），副教授，华中农业大学经济管理学院、德国基尔世界经济研究所，通讯地址：湖北省武汉市洪山区狮子山街1号华中农业大学人文社科楼M504，邮编：430072，电话：15807142061，电子邮箱：[maohaiou77@163.com](mailto:maohaiou77@163.com)。

本文获得国家社会科学基金重大项目“百年变局下的全球治理与‘一带一路’关系研究”（20&ZD147）的资助。感谢匿名审稿专家的宝贵意见，文责自负。

# 以邻为壑还是以邻为伴？

## ——“一带一路”倡议对双边“绿色”产业互补的影响研究

**内容摘要：**本文采用世界投入产出法测算出各国的单位产值隐含碳成本，并用两国的单位隐含碳成本之比衡量双边“绿色”产业互补水平。在此基础上，构造双重差分（DID）模型检验“一带一路”倡议对双边“绿色”产业互补性的影响和有关作用机制。对“五通”政策和沿线区域的异质性分析表明，“一带一路”倡议通过提高沿线国资本要素和碳减排技术水平显著提升了“绿色”互补水平；“绿色”互补性在中亚和中东欧国家尤为明显；中国与政治互信程度高的沿线国家的“绿色”互补性更显著。本文从理论和实证两方面评估了在“双碳”背景下“一带一路”倡议对双边“绿色”产业互补关系的影响，丰富了对“一带一路”倡议经济效应有关问题的研究，提出了提升“一带一路”合作共建水平的针对性政策建议。

**关键词：**“绿色”产业互补指数 隐含碳 “一带一路”倡议 “五通”政策 要素禀赋论

### 一、引言

2015年，联合国193个会员国共同签署通过《2030可持续发展议程》，承诺在2030年达成17项可持续发展目标。在全球碳中和愿景的背景下，实现绿色发展，逐渐成为“一带一路”倡议的中心任务。2017年中国环境保护部、外交部、国家发改委、商务部联合发布《关于推进绿色“一带一路”建设的指导意见》，明确了推进绿色“一带一路”的总体要求、主要任务、组织保障。2019年中国发布的《共建“一带一路”倡议：进展、贡献与展望》明确提出，将与“一带一路”相关国家共同践行绿色发展理念，实现2030年可持续发展目标。然而，从2006-2015年“一带一路”沿线国家的单位产值能源投入和碳排放年均增长分别为2.19%和2.46%，远高于同期非沿线国年均1.28%和1.11%的增长。这表明，“一带一路”国家的产业发展呈现出“高能耗、高排放”的特点（区浩驰等，2022）。在全球碳中和的背景下，推动中国和沿线国减排达峰、实现绿色转型的任务非常艰巨和紧迫。

传统的国际贸易理论认为，国家遵从各自的比较优势，出口具有比较优势的产品、进口具有比较劣势的产品，能够提升总体福利水平（Heckscher & Ohlin, 1991）。这一逻辑在“碳”比较优势上依然成立，即出口具有碳比较优势的产品、进口具有碳比较劣势的产品，能够降低总碳排放水平。如中国A产业的碳成本为5（单位产值的碳排放量为5单位），沿线国A产业的碳成本为3，则中国从沿线国进口A产品替代本国的生产能够降低碳排放，每1单位的A产品进口可以降低碳排放2单位。这对“一带一路”沿线国家组实现“双碳目标”和绿色发展是意义非凡的。经济学家构造显性比较优势指数用于衡量一国某产业的国际竞争力（Balassa, 1965），部分学者进一步将比较优势指数和比较劣势指数结合形成双边贸易（产业）互补指数用于衡量双边的贸易合作潜力（Drysdale, 1969；孙致陆和李先德，2013；胡艺等，2017），并认为只有产业优势互补的国家进行产能合作、贸易合作才能够提升福利水平（于津平，2003）。类似的，基于碳比较优势和碳比较劣势的有关指标可以构建衡量双边“绿色”产业互补（Green

Complementarity, GC) 的指标。本文用单位产值的碳成本作为碳比较优势(或劣势)的衡量指标,并将 A 国与 B 国单位产值碳成本的比值作为双边 GC 的衡量指标。当 GC 的指标值大于 1 时,两国具有“绿色”产业互补特性,A 国应当加大从 B 国的进口力度以实现碳排放总量的下降。

只有当中国与沿线国“绿色”产业互补性较强时,双边遵从“绿色”比较优势开展区域经济合作才能实现碳减排的目的,否则,双边开展经济合作只会加剧竞争、陷入“以邻为壑”的困境,使中国和沿线国离碳中和、碳达峰目标越来越远。“一带一路”倡议实施已有近 10 年时间,该倡议是否推动中国与沿线国形成“绿色”产业互补的格局?什么类型的政策举措更加有利于双边形成“绿色”产业互补关系?回答这两个问题对于评估“一带一路”倡议的绿色发展效果和优化绿色“一带一路”倡议的政策设计至关重要。

本文在经典比较优势理论的框架下探讨了“一带一路”倡议影响双边“绿色”产业互补关系的机制。接着,采用世界投入产出法测算出各国的单位产值隐含碳成本,将之作为国家碳比较优势的衡量指标,再用两国的单位隐含碳成本之比衡量双边“绿色”产业互补水平。然后,设计双重差分模型检验“一带一路”倡议对双边“绿色”产业互补的影响效应,并针对性检验有关机制,同时还讨论了“五通”政策和区域的异质性。相较已有研究,本文有以下几方面贡献:首先,基于碳成本构造了衡量双边“绿色”产业互补水平的指标,是对贸易互补、产业互补有关研究的推动和突破。其次,本文从理论和实证两方面评估了“一带一路”倡议对双边“绿色”产业互补关系的影响,是对“一带一路”倡议经济效应有关问题的丰富和补充。

## 二、文献综述

### (一) 绿色“一带一路”有关研究

本文探讨了中国与沿线国的绿色产业互补问题,与绿色“一带一路”有关研究联系密切。有关研究可分为两个视角。大部分研究基于沿线国视角,部分学者测算了沿线国的绿色 TFP、可持续发展水平、绿色能源效率,如黄秀路等(2017)测算了沿线国的绿色 TFP 的时空演变特征;岳立和杨玉春(2019)着重测度了沿线国的绿色全要素能源效率,发现沿线国的绿色能源效率水平不高,其中东南亚地区最高、南亚和西亚北非次之、中东欧和中亚地区最低;黄天航等(2020)、区浩驰等(2022)评估了各国的可持续发展水平,一致认为沿线国的指标值低于高收入水平国家。蓝庆新和黄婧涵(2020)评估了“一带一路”沿线各国的绿色发展水平,发现东亚、东欧等国家绿色发展水平较高、而中南半岛、南亚、西亚北非和原独联体等国家的绿色发展水平较低。另有部分研究探讨了沿线国绿色发展的影响因素,如黄天航等(2020)探讨了科技水平和可再生能源消费对沿线国可持续发展的影响;区浩驰等(2022)认为绿色基础设施建设有利于沿线国的可持续发展;齐绍洲和徐佳(2018)研究了贸易开放对沿线国绿色 TFP 的影响,发现基础设施、金融发展和制度质量对贸易开放的绿色 TFP 溢出存在门槛效应,且进口贸易更有助于绿色 TFP 提升;刘朝等(2022)则评估了中国 OFDI 对沿线国 CO<sub>2</sub> 排放的直接效应和间接效应、线性效应和非线性效应;李焱等(2021)研究发现 GVC 嵌入可以提升“一带一路”沿线国家制造业的碳排放效率。少数研究从中国视角出发,如刘钻扩和辛丽(2018)测算了中国“一带一路”沿线重点省域的绿色 TFP,并发现了“一带一路”倡议对绿色 TFP 的促进作用。总的来看,现

有有关研究多从单一视角出发，比较少从中国和沿线国双边合作的角度分析绿色“一带一路”建设问题。

## （二）“绿色”产业互补有关研究

本文构造的“绿色”产业互补指数与贸易互补指数在理论上具有共通性。贸易互补经典理论认为，如果两国产业具有较强的互补性，则应增加国际产能合作，否则，要规避恶性竞争（于津平，2006；毛海欧和刘海云，2019）。许多学者研究了国家间的贸易竞争互补问题。大多数学者利用贸易数据构建指标，对国家间产业竞争的互补性进行测算和分析。在定量衡量多个国家之间贸易互补性时，一些学者采用显性比较优势（RCA）指数与相关延展指数（Balassa, 1965）；Drysedale（1969）随后建立了基于显性比较优势的贸易竞争优势（TC）指数，用于衡量两国贸易互补程度。也有一些学者以贸易结合度指数为基础，对双边贸易结合程度进行分析，建立了一个完善的贸易结合度指数（TII）模型（Brown, 1948；Drysedale, 1967；Yamazawa, 1971）。最后，一些学者得出结论，中欧双边贸易存在较强的互补关系，国际分工主要以产业间的垂直分工为主，同时随着我国工业制成品国际竞争力的迅速提高逐步向水平方向发展（王国安和范昌子，2006）。中国与东盟主要国家之间同样存在越来越密切的贸易互补关系（陈建军和肖晨明，2004）。从文化角度来看，由于中国和“一带一路”沿线国家有很高的相似性，所以贸易市场呈现错配现象。“一带一路”沿线区域与美加墨的贸易竞争性低、贸易互补性低，两地的贸易竞争性保持低速上升的趋势，而贸易互补性则保持低速下降趋势（陈继勇和杨旭丹，2019）。目前尚未有研究将贸易互补指数研究拓展至以碳成本为代表的绿色贸易互补或绿色产业互补上。

另外，本文的“绿色”产业互补指数是基于单位“隐含碳”成本构建得到，因此，与隐含碳的有关研究相关。贸易隐含碳研究最早可追溯至 Walter（1973），早期的文献大多采用单区域投入产出法（IRIO），如 Li & Hewitt（2008），Weber et al.（2008），周国富和朱倩（2014）等。运用 IRIO 方法研究贸易隐含碳、碳转移等问题时，其“国外技术与国内技术相同”假设导致存在偏误的估计结果，考虑有国家异质性生产技术的多区域投入产出模型（MRIO）开始逐渐被广泛使用。如 Su & Ang（2014）研究了中国的贸易隐含碳问题；王文治和陆建明（2016）测算了中国与 40 余个经济体之间的生产侧、消费侧和贸易隐含碳排放余额；彭水军等（2015）比较分析了 1995~2009 年中国生产侧和消费侧碳排放量，并通过结构分解法考察了碳排放增长的影响因素；陈楠和刘学敏（2016）测算了中国与日本贸易总“隐含碳”、行业“隐含碳”的排放情况；吴开尧和杨廷干（2016）核算了全球 7 个区域的生产碳排放、消费碳足迹、国际贸易隐含碳以及净碳转移问题；孟凡鑫等（2019）测算了中国与沿线国双边贸易隐含碳排放的区域和行业流向，发现中国在与沿线国进行贸易时、国内生产碳排放大于国内消费碳排放，是隐含碳净出口国；乔小勇等（2019）基于 WIOD、Eora、EXIOBASE 等全球多区域投入产出数据库，测算了中间品贸易隐含碳流向，着重比较了数据库的细化程度、统计口径、合并内容多少对测算结果的影响；Wang 等（2020）基于 MRIO 模型构建了隐含碳的结构分解模型，从投入产出结构、排放强度对单位产出隐含碳的影响。隐含碳的测算研究为本文的指标构建奠定了坚实的基础，本文将运用 MRIO 方法测算中国与其他国家的单位产值碳成本，并基于此构建绿色产业互补指数。

## （三）“一带一路”倡议的经济效应

“一带一路”倡议提出早期，现实数据缺乏，学者大多采用 CGE 模型或者参数估计模拟预测

其的经济影响。陈虹和杨成玉（2015）采用 CGE 模型模拟不同情境下“一带一路”倡议对中国和沿线国经济增长、贸易总量等的影响；倪中新等（2016）基于参数估计结果预测了 BRI 提出后沿线国对中国的产能需求情况，认为 BRI 将逐年化解中国的产能过剩问题；Herrero & Xu（2017）基于估计系数进行模拟分析，认为 BRI 对欧盟国家、东欧国家和中亚国家的贸易创造效应较大，而对东南亚国家的贸易创造效应较小；Zhai（2018）采用 CGE 模型，假设 BRI 的基础设施建设能够降低贸易成本、提升能源使用效率，发现 BRI 能够提高世界整体的贸易和福利水平。

随着时间的推移，数据可得性提高，学者们逐步采用双重差分方法估计“一带一路”倡议的经济效应。早期的文献着重从中国视角探讨“一带一路”倡议的经济效应，如孙楚仁等（2017）发现“一带一路”倡议显著促进了中国对沿线国的出口数量提升；Du & Zhang（2018）研究了“一带一路”倡议提出后中国对沿线国的 OFDI 问题，发现在“丝绸之路经济带”国家投资并购增长尤为明显；金刚和沈坤荣（2019）发现“一带一路”倡议显著加大了中国企业对沿线国家交通行业的投资规模；王桂军和卢潇潇（2019）发现“一带一路”倡议可以显著地助推中国以全要素生产率提高为表征的企业升级；孟凡鑫等（2019）评估了“一带一路”倡议对节点城市 CO<sub>2</sub> 排放的影响，发现其对西南和内陆地区节点城市单位 GDP 的 CO<sub>2</sub> 排放水平存在提升效应；杨波和李波（2021）评估了“一带一路”倡议对中国企业绿色转型升级的影响，发现提高了企业的资源配置效率和技术研发能力；宋弘等（2021）评估了“一带一路”倡议对中国国际形象的影响，发现对欧洲与中亚地区公民的评价有正面影响、却降低了部分低收入国家、以及南亚国家公民的评价；Görg & Mao（2022）探讨了“一带一路”倡议对中国企业出口边际的影响。随后，关注焦点从中国视角转向沿线国视角，如 Mao et al.（2019）发现“一带一路”倡议显著提高了沿线国对华出口；曹翔等（2020）评估了“一带一路”倡议对沿线国家的环境效应；戴翔和宋婕（2021）发现“一带一路”倡议显著提升了沿线参与国全球价值链分工地位，并且主要通过“五通”中的政策沟通、设施联通、贸易畅通和资金融通发挥作用；吕越等（2023）发现“一带一路”显著促进了沿线各国贸易网络的深化发展。

“一带一路”倡议的经济效应已经受到学者的广泛关注，研究视角也逐渐从中国视角转向沿线国视角。然而，结合中国和沿线国双边视角的研究还比较少见，本文关注了中国与沿线国产业在碳排放方面的互补性，并探讨了“一带一路”倡议对这种互补关系的影响，是对现有文献的有益补充。

### 三、政策背景与机制分析

#### （一）“一带一路”倡议背景

中国国家主席习近平在 2013 年提出了建设“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的倡议，即通过建立亚洲、非洲和欧洲的贸易路线，将中国与海外市场连接起来以促进中国与 BRI 沿线国家之间的贸易、投资和经济发展（NDRG，2015）。该倡议一经提出，便得到了泰国、新加坡、马来西亚、印度等沿线国家的大力支持与积极响应。中泰高铁、国际海陆贸易新通道、东岸铁路线、塔园大桥和巨港轻轨等项目快速完工，一定程度反映出“一带一路”平等包容的合作特征提升了共建效率，为贸易推进减轻了阻力，大大增加了中国与沿线国家的贸易程度，促进了双边经济增长，该合作倡议已经成为促进中国与沿线国家共同发展、共同繁荣的重要措

施。

参照《“一带一路”建设发展报告（2019）》中分类规范，“一带一路”沿线国家涵盖了东南亚、南亚、东亚、中亚、西亚北非、中东欧五个区域（徐坡岭和黄茜，2019）。各沿线区域国家如下表 1 所示：

表 1 “一带一路”沿线区域国家

区域	国家
东南亚	新加坡、泰国、越南、马来西亚、印度尼西亚、菲律宾、缅甸、柬埔寨、文莱、老挝、东帝汶
南亚	印度、孟加拉国、巴基斯坦、斯里兰卡、尼泊尔、阿富汗、马尔代夫、不丹
中亚	哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦
西亚北非	阿联酋、沙特阿拉伯、土耳其、以色列、卡塔尔、埃及、科威特、伊拉克、伊朗、阿曼、巴林、约旦、阿塞拜疆、黎巴嫩、格鲁吉亚、也门、亚美尼亚、叙利亚、巴勒斯坦
中东欧	俄罗斯、波兰、捷克、匈牙利、斯洛伐克、罗马尼亚、乌克兰、斯洛文尼亚、立陶宛、白俄罗斯、保加利亚、波黑、克罗地亚、爱沙尼亚、拉脱维亚、塞尔维亚、马其顿、阿尔巴尼亚、摩尔多瓦、黑山

资料来源：中国社会科学院“一带一路”研究中心、中信改革发展研究基金会和中国社会科学院大学欧亚高等研究院编，《“一带一路”建设发展报告（2019）》，社会科学文献出版社出版，2019。

BRI 强调“五通”，即政策沟通、设施联通、贸易畅通、资金融通、民心相通。Handley（2014）和 Handley & limo（2017）研究发现，中国与 BRI 沿线国家在经济和其他政策方面的双边协调有助于减少政治和政策的不确定性，对双边贸易产生积极影响。交通、能源和通信设施的建设是与 BRI 相关的基础设施发展的主要领域。这种基础设施同样可以降低贸易成本，进而促进贸易（Donaubauer et al.，2018）。Holger & Mao（2022）研究发现 BRI 会议之后，企业对 BRI 总体出口行为显著增加。由此看来，聚焦互联互通，深化务实合作是携手应对人类面临的各种风险挑战，实现互利共赢、共同发展的有力保障。

## （二）机制分析与研究假说

“绿色”产业互补指数是基于各国之间单位产值的二氧化碳排放量作为碳比较优势（或劣势）构建的、衡量国家间相对碳排放能力和互补水平的指标。对一国来说，其隐含碳排放相对较少的产业具有“绿色”产业相对优势，应扩大生产并出口；并从外国进口隐含碳排放相对较多的产业。基于要素禀赋论的思想，影响一国隐含碳排放比较优势，即“绿色”产业互补水平的因素包括“禀”和“赋”两个层面。因此，本文从这两个层面出发，具体从国家资本要素、减排技术和区域内资源配资能力三个方面研究并论证了 BRI 对中国与“一带一路”沿线国家“绿色”产业互补水平的影响机制，并提出本文的研究假说。

### 1. 资本禀赋

自 2013 年 BRI 提出以来，“一带一路”沿线国家已逐渐成为中国企业开展对外投资活动的重要区域之一。《2020 年中国“一带一路”贸易投资发展报告》指出，2013~2019 年间，中国企业对“一带一路”沿线国家直接投资累计超过 1173.1 亿美元，年均增长 6.7%；此外，各国之间互联互通建设的推进为自然资源丰富的沿线国家发展提供了无限可能，各国之间的合作也更为密切。基于上述原因，BRI 增加了双边贸易额，使得更多外资流入沿线国家，进而增加其资本。因此，本文提出如下假说：

假说 1：BRI 可以通过增加沿线国家的资本禀赋对其“绿色”产业比较优势产生正向推动作用。

### 2.减排技术

BRI 背景下，在沿线国家共同发展过程中，通过互相学习彼此的生产技术，发生“绿色”生产技术溢出效应，使得双边的生产技术、碳排放强度呈现靠拢趋势，减排技术得以提升。沈悦和郭品（2015）发现技术溢出效应明显提升了我国商业银行的全要素生产率，但吸收溢出的能力因银行类型和吸收机制存在着异质性。傅元海等（2010）研究发现本地生产水平和企业接触 FDI 企业的中间产品技术之间存在着正相关关系，企业在模仿学习外资企业的过程中获得更多的中间产品技术，创造更高的价值。因此，本文提出如下假说：

假说 2：BRI 可以通过优化沿线国家的碳减排技术增强沿线国“绿色”产业比较优势。

### 3.区域内配置资源能力

自 20 世纪 90 年代以来，国际分工日益深化与完善，不同国家之间的比较优势愈发明显，同种产品由多国合作、分步生产的国际生产一体化体系逐步建立。其中，不同国家生产交接过程中的标的物就是中间品。当进口中间品为本国高碳排放生产的物品时，可以通过国家区域内资源优化配置来有效降低本国碳排放。因此，本文提出如下假说：

假说 3：BRI 可以通过增强沿线国家的区域内配置资源的能力促进形成“绿色”产业比较优势。

## 四、实证模型设置与数据处理

### （一）实证模型设置

本文采用基于双重差分法（Difference-in-Difference，以下简称 DID）进行相关考察。在本研究中，中国与 61 个“一带一路”沿线国家与 117 个非沿线国家的“绿色”产业互补性分别充当处理组与对照组；本文选择 2000 年~2015 年 16 年数据，包含 2013 年 BRI 提出之前和之后两个时期，具体基准模型设计如式（1）：

$$\ln(GC)_{ij} = \alpha + \beta \times BRI_i \times Post_t + \theta X_{i,t} + \gamma_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中， $BRI_i$  是分组虚拟变量，当样本国家为“一带一路”沿线国家时， $BRI_i$  设定为 1，否则为 0； $Post_t$  是时间虚拟变量，2013 年及之后的年份  $Post_t$  设定为 1，否则为 0；交互项  $BRI_i \times$

$Post_t$ 前的系数即为双重差分模型重点考察的处理效应。 $\gamma_i$ 为个体固定效应，能够更为精确地反映个体特征； $\delta_t$ 为时间固定效应，更为精确地反映了时间特征， $\varepsilon_{i,t}$ 为随机误差项。

被解释变量 $(\ln(GC)_{ij})$ 表示两国之间的“绿色”产业互补水平，其取值越大，表明两国“绿色”互补性强。其具体构建原理和含义见本章第二节。

为了使估计更加准确，模型中加入控制变量 $X_{i,t}$ （姚丽芳，1998；谭秀杰和周茂荣，2015），包括：BRI 沿线贸易国经济实力（ $\ln(GDP)$ ）、BRI 沿线贸易国科技实力（*Technology*）和 BRI 沿线贸易国环保意识（*Economic*）、当前世界经济形势（*D1*）和 BRI 沿线国与中国的贸易自由度（*D2*）。

## （二）绿色产业互补指数构建

本文结合隐含碳的测算与基于比较优势的贸易互补指数，提出了基于进出口隐含碳的贸易互补指数——“绿色”产业互补指数。其基本的测算思想为：一国某行业单位出口隐含碳量衡量了该国该行业单位产出需要在国内排放的二氧化碳量，如果 A 国相对 B 国在该行业的单位出口隐含碳量越大，那么 A、B 两国在该行业上的“绿色”产业互补性越强，即 A 国可以从 B 国进口该行业商品来达到减少碳排放的目的。基于这种相对单位出口隐含碳思想，本文构建了“绿色”产业互补指数。详细指标构建过程如下：

### 1. 产出隐含碳测算

参考 Su & Ang（2013）和潘安（2018）采用多区域投入产出（Multi-region Input-output, MRIO）模型测算单位产出隐含碳的方法，以一个两国的投入产出体系为例，本文的单位产出隐含碳测算方法为：

假设国家 1、2 均可以生产 N 种商品， $X_r$ 表示国家 r 的总产出， $Y_{rs}$ 表示国家 s 对国家 r 的最终商品需求， $A_{rs}$ 为投入产出系数矩阵，表示国家 s 生产单位矩阵的商品对国家 r 的中间品需求矩阵，那么：

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式(2)可写为：

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I - A_{11} & -A_{12} \\ -A_{21} & I - A_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

式(3)中的矩阵 $B_{rs}$ 为里昂惕夫逆矩阵，表示国家s消费单位矩阵的商品需要国家r生产的商品数量矩阵。

国家 1 直接单位产值的国内隐含碳矩阵为：

$$E_1 = (f_{1v} \times VA_1 \times y_1)' \quad (4)$$

其中， $f_{1v}$ 为国家 1 单位增加值的直接碳排放系数向量（ $1 \times N$ ）， $VA_1$ 为国家 1 单位产值的国内增加值构成矩阵（ $N \times N$ ）， $y_1$ 为国家产值权重向量（ $N \times 1$ ）， $E_1$ 为国家层面上国家 1 单位



产值的隐含碳排放。反过来说，如果国家 1 从外国进口产品，那么 $E_1$ 衡量了进口替代所节约的碳排放量。

参考 Koopman et al. (2014)、刘海云和毛海欧 (2016) 的研究，其中 $VA_1$ 的计算可写为：

$$VA_1 = v_1 \times B_{11} \quad (5)$$

其中， $v_1$ 为国家 1 的增加值率对角矩阵 ( $N \times N$ )。  $VA_1$  的第  $i$  列第  $j$  行元素表示国家 1 产品  $i$  的单位产值中  $j$  行业的增加值贡献，第  $i$  列所有元素加总为产品  $i$  单位产值的国内增加值部分。

本文从 Eora 数据库中提取了用于测算隐含碳的投入产出数据与 $CO_2$ 排放数据。该数据库主要依据 the UN System of National Accounts、IDE/JETRO 以及一些国家的本国投入产出表编制得到 (Lenzen et al. , 2012)。其中的 Eora26 数据库包含全球 189 个国家 (或地区) 26 个行业 1990~2015 年的数据。本文采用相关数据对隐含碳进行测算，并基于产出国内隐含碳构建国家间“绿色”产业互补指数，通过同位均值填补、缺失值异常值处理和正常化处理的方式，将其作为因变量引入模型。

## 2. “绿色”产业互补指数

与基于显性比较优势 (RCA) 指数所构造的贸易互补 (TC) 指数不同，本文的“绿色”产业互补指数是基于单位产值的隐含碳量构造的，反映了国家间在产品生产上的单位碳成本差异与互补程度。具体举例来说，如果国家 1 产品  $i$  的单位隐含碳量较大，而国家 2 产品  $i$  的单位隐含碳量较小，则从碳排放角度来说国家 1 相对国家 2 在产品  $i$  的生产上具有比较劣势，国家 1 应当从国家 2 进口产品  $i$  以降低整体碳排放量。在降低碳排放总量的层面上来说，国家 1 与国家 2 在产品  $i$  是互补的。基于此，本文定义国家 1 与国家 2 在产品  $i$  上的绝对“绿色”产业互补指数为两国单位隐含碳量之比，具体为：

$$GC_{12}^i = E_1^i / E_2^i \quad (6)$$

当 $GC_{12}^i > 1$  时，国家 1 的碳生产成本低，国家 1 应当从国家 2 进口产品  $i$  以降低碳排放总量。由式(6)可知，国家 1 与国家 2 “绿色”互补水平的提高可能由两方面因素导致：一是国家 1 碳成本的提升；二是国家 2 碳成本的下降。

国家 1 与国家 2 总体“绿色”互补指数为两国单位产值隐含碳的比值：

$$GC_{12} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{y_1 \times E_1^i}{y_2 \times E_2^i} \quad (7)$$

其中， $E_r$ 为国家 1 单位总产值的隐含碳量， $y_r$ 为国家  $r$  的产值权重向量，其元素  $i$  代表着国家  $r$  产品  $i$  产值占总产值比重， $y_r \times E_r^i$ 为国家  $r$  单位产值的隐含碳量。

本研究中，中国与其他国家“绿色”互补指数计算方式为 $GC_{1i} = \frac{E_1}{E_i}$ ，其中 $E_1$ 表示中国单位产出隐含碳排放量， $E_i$ 表示其他国家单位产出隐含碳排放量。该指标说明，将中国的隐含碳排放水平作为基准时， $GC_{1i}$ 越大，其他国家相对碳排放水平约低，中国应该从外国进口产品以实现

总体碳排放水平降低；反之，中国应向外出口产品。

### （三）控制变量测度与说明

控制变量数据来自世界银行数据库，包括：BRI 沿线贸易国经济实力 ( $\ln(GDP)$ )、BRI 沿线贸易国科技实力 (*Technology*) 和 BRI 沿线贸易国环保意识 (*Economic*)、当前世界经济形势 (*D1*) 和 BRI 沿线国与中国的贸易自由度 (*D2*)。其中，经济实力采用  $\ln(GDP)$  表示；科技实力由 *R&D* 研究人员数、科技期刊量、居民申请专利量三个指标共同决定；环保意识由能源使用量、人均耗电量、二氧化碳排放量三项指标共同决定。为了有效降低控制变量共线性引起的模型偏误问题，本文在数据处理过程中采用主成分分析的方式提取主成分，赋予权重，并求得综合得分。经济实力 ( $\ln(GDP)$ ) 越强，科技实力的综合得分 (*Technology*) 越高，说明该贸易国的科技实力越强；环保意识的综合得分 (*Economic*) 越高，说明贸易国的能源消耗越多、环保意识越有待加强。

### （四）“五通”异质性测度与说明

“五通”呈现共同发展、相辅相成、内外联动、长期坚持、可调节等特点，是“一带一路”倡议的政策框架、合作内容和评估指标。因此本文对“五通”对双边“绿色”产业互补的异质性影响进行了研究，其代表指标选取与说明如下。

#### 1. 政策相通指标

我们基于联合国的投票记录对国家间的政治关系进行数值化表示，具体表现为：在联合国大会中拥有更多（较少）密切相关的选票的国家可能拥有更强（更弱）的政治关系。计算公式如下：

$$policy_{ij} = 1 - [2 * \frac{d}{d_{max}}] \quad (8)$$

其中， $policy_{ij}$  是双边政治关系， $d$  是给定双边货币对和年份之间的投票距离之和， $d_{max}$  是给定双边货币对和年份投票之间的最大可能距离。投票之间的距离是通过将“是”票赋值为 1、“否”票赋值为 0 来计算的。对于每次投票距离为选票差异的绝对值。因此，如果两个国家都以相同（相反）的方式投票，则该投票的距离为 0（1）。然后进行累积加总。因此， $policy_{ij}$  范围为[-1, 1]，分别代表弱政治关系（所有票都不同）和强政治关系（所有票都相同）。

#### 2. 设施联通指标

随着科技的飞速发展，通讯设施成为各国间信息互联互通的骨干网，作为一项物质资本直接参与生产过程。根据北京大学“一带一路”沿线国家五通报告指数，其由互联网设施发展水平、国际漫游费用和互联网普及率 3 个指标共同测算评估。评分越高，双边设施联通程度越大。

#### 3. 贸易畅通指标

贸易畅通旨在通过推进投资贸易便利化、消除投资和贸易壁垒，促进区域内经济要素自由流动、资源高效配置和市场深度融合，进而顺应经济全球化、区域一体化趋势。本研究采用海

关与进项税代表双边贸易畅通程度，海关与其他进项税越低，贸易越畅通。

#### 4.资金融通指标

“一带一路”多数沿线国家存在国内金融市场深度与广度不足的缺陷，中方政府通过投资银行、丝路基金、金融机构等方式实现资金融通。本研究采用商业银行借款值代表双边资金融通程度，商业银行借款数额越多，资金融通越稳定。

#### 5.民心相通指标

民心相通涉及教育、艺术、文学、旅游等领域，通过政党、城市、民间组织等平台主体共同实现文化交流。根据北京大学“一带一路”沿线国家五通报告指数，其由旅游活动、科教交流和民间活动3个指标共同测算评估。评分越高，民心相通程度越大。

### (五) 变量统计性特征

#### 1. “绿色”产业互补指数统计性描述特征

本文将样本国家按沿线国家和非沿线国家分成两组，按年份分别计算出中国与两者的“绿色”产业互补指数的平均值，并描绘出它们的时间变化趋势，具体如图1所示。

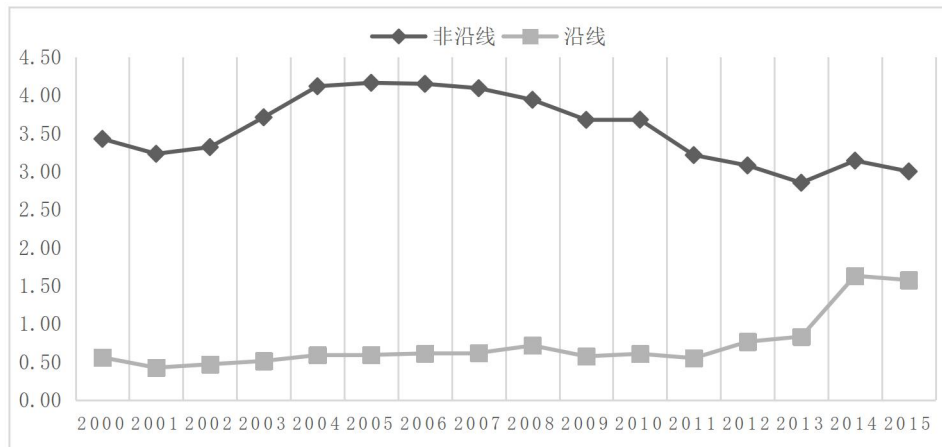


图1 “绿色”产业互补指数时间变化趋势

中国与“一带一路”沿线国家的国家层面“绿色”产业互补指数的均值先稳定在0.6左右浮动，2014年达到1.6。这意味着，在BRI实施之前，我国与“一带一路”沿线国家的单位碳排放水平基本同幅度平稳变动；2013年倡议实施之后，“绿色”互补指数明显增大，并保持高水平。这意味着，把我国碳排放水平作为基准时，沿线国家碳排放量明显大程度降低，即BRI明显降低了沿线国家的单位产出碳排放，增强了其比较优势。中国与“一带一路”非沿线国家的国家层面“绿色”产业互补指数均大于与沿线国家的指数，在2.85~4.16之间，这表明，“一带一路”非沿线国家单位产品的碳排放水平明显低于沿线国家平均水平。由图1可以看出，随着时间的推移，两条线之间的距离逐渐缩小，从一定程度上反映了“一带一路”沿线国家的碳排放量下降程度相对变大，沿线国与非沿线国之间的碳排放差距逐步减少。

## 2.五大区域“绿色”产业互补指数统计性描述特征

“一带一路”沿线国家涵盖了东南亚、南亚、中亚、西亚北非、中东欧等地区 65 个国家。本文将筛选后的“一带一路”61 个沿线国家按五个区域划分，计算了 2015 年其国家层面的“绿色”产业互补指数。图 2 展示了分区域中国和沿线国家之间“绿色”产业互补程度。

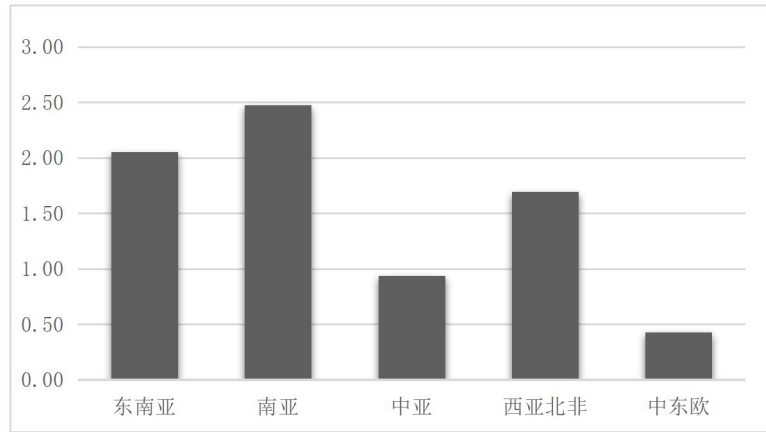


图 2 分区域中国与沿线国的“绿色”产业互补指数

由上图 2 可以得出，2015 年我国与五大区域国家层面“绿色”产业互补指数由大到小分别为南亚、东南亚、西亚北非、中亚和中东欧。其中与南亚、东南亚和西亚北非“绿色”产业互补指数大于 1，说明我国生产单位产品所含碳排放量相对较大；与中亚和中东欧地区“绿色”产业互补指数小于 1，说明我国生产单位产品所含碳排放量相对较少，可以通过出口产品到中东欧国家来达到总体碳排放量降低的效果。

## 3.统计性描述

前文提到的被解释变量、核心解释变量、控制变量和异质性分析变量的数据源以及对数据的统计说明如下表 2 所示：

表 2 指标含义与统计

变量说明	指标选取	指标含义	数据来源	平均值	最小值	最大值
被解释变量	ln(GC)	中国与其他国家的“绿色”互补指数的对数	Eora 数据库	1.37	-4.01	6.22
解释变量	BRI	倡议效应（“一带一路”沿线国家取 1；非沿线国家取 0）	中国一带一路网 ( <a href="https://www.yidaiyilu.gov.cn/">https://www.yidaiyilu.gov.cn/</a> )	0.34	0	1
	Post	时间效应（2013 年后取 1；2000-2012 年取 0）		0.19	0	1
	BRI × Post	倡议效应与时间效应的交互项		0.06	0	1
控制变量	ln(GDP)	贸易国经济实力	World Bank	24.19	18.15	30.53
	R&D	R&D 研究人员数（每百万人）		2031.37	5.91	8006.67
	Journal	科技期刊量（篇）		10506.47	1.00	384201.00
	Patent	居民申请专利量（人）		8495.02	0.00	433192.30
	Technology	科技实力主成分分析综合得分		4.60e-10	-1.03	7.80

(续表 2)

变量说明	指标选取	指标含义	数据来源	平均值	最小值	最大值
控制变量	Energy	能源使用量（人均千克使用当量）	World Bank	2476.13	9.55	22120.43
	Electricity	人均耗电量（千瓦时）		4118.67	22.76	54799.17
	CO <sub>2</sub>	二氧化碳排放量（人均公吨数）		4.54	0.02	47.00
	Economic	能源消耗主成分分析综合得分		1.36e-09	-1.26	9.39
	D1	虚拟控制变量（处于经济危机年代取 1；其他取 0）	中华人民共和国商务部	0.19	0	1
	D2	虚拟控制变量（与中国签订自由贸易协定的年份、国家取 1；其他取 0）		0.05	0	1
异质性分析变量	Southeast_Asia	虚拟控制变量（东南亚沿线国家取 1；其他取 0）	《“一带一路”建设发展报告（2019）》	0.06	0	1
	South_Asia	虚拟控制变量（南亚沿线国家取 1；其他取 0）		0.07	0	1
	Central_Asia	虚拟控制变量（中亚沿线国家取 1；其他取 0）		0.03	0	1
	West_Asia and North_Africa	虚拟控制变量（西亚北非沿线国家取 1；其他取 0）		0.1	0	1
	Central and East_Europe	虚拟控制变量（中东欧沿线国家取 1；其他取 0）		0.1	0	1
	Policy	双边政治沟通水平指标对数值	联合国投票记录数据	-0.96	-4.59	0.12
	Facility	通讯设施综合评分对数值	“一带一路”沿线国家五通指数报告（2017）	1.53	0.85	2.04
	Trade	海关与进项税对数值	World Bank	22.28	8.29	31.77
	Finance	商业银行借款对数值		4.22	-4.00	7.02
	People	民心相通综合评分对数值	“一带一路”沿线国家五通指数报告（2017）	2.58	2.03	2.91
机制检验变量	ln(IFDI)	外资流入对数值	OECD 数据库	8.92	-11.51	14.18
	ln(E1)	隐含碳排放对数值	Eora 数据库	-0.61	-5.10	5.02
	ln(InterImport)	自华中间品进口对数值	UNCTAD 数据库	12.48	0.34	18.76

## 五、实证结果分析

### （一）平行趋势检验

通过时间趋势图进行平行趋势检验能够直观、有效地验证我国在 BRI 提出之前与沿线国家的“绿色”产业互补指数（处理组）以及我国与非“一带一路”沿线国家的“绿色”产业互补指数（对照组）总体特征是否相似，从而判断双重差分法是否适用。

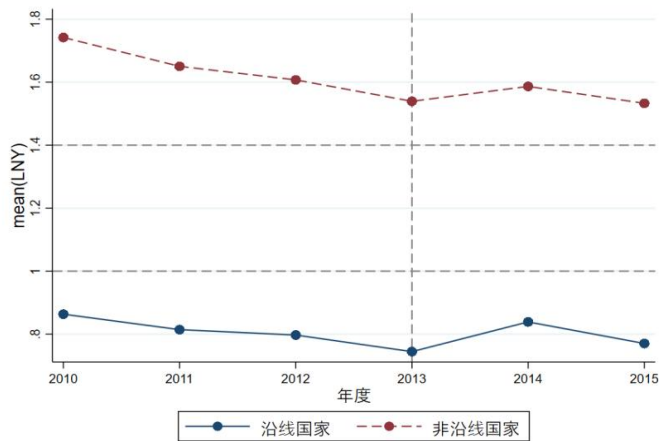


图 3 平行趋势检验图

如时间趋势图 3 所示，我国与沿线国家和非沿线国家的“绿色”产业互补性在 2013 年 BRI 提出之前具有高度相似性，“绿色”产业互补指数指标总体上呈现出相似的下行趋势。

### (二) 基准模型回归结果

本文将时间倡议交互项 ( $BRI \times Post$ )、控制变量 ( $\ln(GDP)$ 、 $Technology$ 、 $Economic$ 、虚拟变量  $D1$ 、虚拟变量  $D2$ ) 分别引入时间固定效应和双向固定效应模型中，发现效应变量前系数显著为正，具体结果如下表 3 所示。

表 3 倡议评估 DID 效果

变量	(1)	(2)
	$\ln(GC)_{ij}$	$\ln(GC)_{ij}$
$BRI_i \times Post_t$	0.145*** (0.021)	0.142*** (0.021)
$\ln(GDP)_{j, t}$	0.152*** (0.010)	0.168*** (0.011)
$Technology_{j, t}$	0.028** (0.017)	0.032** (0.017)
$Economic_{j, t}$	-0.001 (0.015)	-0.001 (0.016)
$D1_{i, j, t}$	-0.050* (0.029)	-0.061*** (0.028)
$D2_{i, j, t}$	-0.037 (0.033)	-0.040 (0.329)
时间固定	是	是
个体固定	否	是
样本量	2、848	2、848
调整 $R^2$ 值	0.206	0.213

注：\*、\*\*、\*\*\*分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著，括号内为标准误。

交互项 $BRI_i \times Post_t$ 前的系数为正，意味着 BRI 提出后，中国与沿线国家的“绿色”产业互补指数增大。也就是说，如果对其他变量进行控制，仅从进出口的角度将中国隐含碳排放水平作为基准值，“一带一路”沿线国家生产单位产品的隐含碳排放量减少程度更大。进一步说明了，BRI 有利于沿线国家差异化比较优势的形成，提升双边互补性。此外，由上表 3 看来，贸易国的经济水平、科技水平以及是否发生经济危机都对中国与其他国家的“绿色”贸易互补指数产生了显著的影响。其中，贸易对象国的经济水平越高、科技实力越强，中国与贸易国的“绿色”产业互补性越明显。在全球经济危机的背景下，中国相对贸易国的隐含碳排放量减少，即其他国家受经济危机的冲击和影响相较中国更大。

### （三）机制检验

前文从要素禀赋论的视角，理论分析了 BRI 对基于比较优势的“绿色”产业互补指数影响的传导机制。为验证该作用机制假说，本文选用式（9）模型进行实证检验，回归结果见表 4。

$$\ln(X)_{ij} = \alpha + \beta \times BRI_i \times Post_t + \theta X_{it} + \gamma_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

其中 X 分别表示外资流入（*IFDI*）、单位绝对隐含碳排放量（*EI*）和自华中间品进口量（*InterImport*），分别用于衡量 BRI 沿线国资本禀赋、减排技术、和区域内资源配置能力。

表 4 机制检验

变量	(1)	(2)	(3)
	ln(IFDI)	ln(EI)	ln(InterImport)
$BRI_i \times Post_t$	0.151*** (0.058)	-0.142*** (0.021)	0.001*** (0.049)
控制变量	是	是	是
时间固定	是	是	是
个体固定	是	是	是
样本量	2338	2848	2166
调整 $R^2$ 值	0.577	0.680	0.806

注：同表 3。

从表 4 中可以看出，BRI 提出后对“一带一路”沿线国家外资流入和单位绝对隐含碳排放量的影响达到 1% 的显著性水平，而对自华中间品进口量的影响不显著。其中，BRI 提出后，沿线国家的外资流入增加，说明 BRI 通过使沿线国资本增加对“绿色”产业互补性产生正向推动作用，假说 1 得到了支持。BRI 提出后，沿线国家的单位绝对隐含碳排放量降低，碳排放减少、减排技术得到优化，说明 BRI 通过优化沿线国家的碳减排技术增强沿线国“绿色”产业比较优势，假说 2 成立。由此看来，BRI 提出后，双边贸易合作交流主要通过增加沿线国家资本和优化碳减排技术，进而促进双边差异化比较优势形成、提升互补性的。

(四) 异质性分析

1. 区域异质性

为了更加清晰地研究 BRI 对我国与沿线五大区域的“绿色”产业互补的影响，本文分别生成五个区域国家的虚拟变量，用  $BRI \times T$  变量进行乘积，将其引入模型 (10) 中，其中  $region$  分别代表沿线五大区域虚拟变量。

$$\ln(GC)_{ij} = \alpha + \beta_1 \times BRI_i \times Post_t + \beta_2 \times BRI_i \times Post_t \times region + \gamma_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

“一带一路”沿线五大地区“绿色”产品互补影响表 5。其中，(1)~(5) 列的系数分别代表 BRI 对其沿线东南亚、南亚、中亚、西亚北非和中东欧五大区域的交互效应。

表 5 “一带一路”沿线区域异质性分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	$\ln(GC)_{ij}$	$\ln(GC)_{ij}$	$\ln(GC)_{ij}$	$\ln(GC)_{ij}$	$\ln(GC)_{ij}$
$BRI_i \times Post_t$	0.148*** (0.022)	0.156*** (0.022)	0.121*** (0.022)	0.187*** (0.024)	0.089*** (0.024)
$BRI_i \times Post_t \times Southeast\_Asia$	-0.051 (0.059)				
$BRI_i \times Post_t \times South\_Asia$		-0.102 (0.050)			
$BRI_i \times Post_t \times Central\_Asia$			0.247*** (0.062)		
$BRI_i \times Post_t \times West\_Asia \text{ and } North\_Africa$				-0.141*** (0.038)	
$BRI_i \times Post_t \times Central \text{ and } East \text{ Europe}$					0.175*** (0.038)
控制变量	是	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是
样本量	2848	2848	2848	2848	2848
调整 $R^2$ 值	0.214	0.215	0.218	0.217	0.219

注：同表 3。

从中国与“一带一路”沿线各区域的国家层面“绿色”产业互补指数情况来看 (表 5)，BRI 政策效应具有稳健性，BRI 对“一带一路”沿线国家的影响具有区域异质性。其中，BRI 对我国和中亚和中东欧国家的“绿色”产业互补指数产生了显著的正效应，即 BRI 提出后，我国与“一带一路”中亚和中东欧沿线国家的“绿色”产业互补性明显增加，两个区域沿线国的单位产出隐含碳排放量相对减少幅度更大，BRI 对其地域国家差异化比较优势的形成更有效。BRI 对我国和西亚北非国家的“绿色”产业互补指数产生了显著的负效应，即我国与西亚北非国家的互补性合作仍有待加强。



## 2. “五通”政策有效性

为研究“五通”对双边“绿色”产业互补的异质性影响，本文分别生成“五通”具体内容衡量指标，用  $BRI \times T$  变量进行乘积，将其引入模型(11)中，其中 *Five\_connections* 包含 *Policy*、*Facility*、*Trade*、*Finance* 和 *People*，分别代表政策沟通、设施联通、贸易畅通、资金融通、民心相通，得到结果分别如下表 6 第 (1) ~ (5) 列所示。

$$\ln(GC)_{ij} = \alpha + \beta_1 \times BRI_i \times Post_t + \beta_2 \times BRI_i \times Post_t \times Five\_connections + \gamma_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (11)$$

表 6 “一带一路”“五通”政策异质性分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	$\ln(GC)_{ij}$	$\ln(GC)_{ij}$	$\ln(GC)_{ij}$	$\ln(GC)_{ij}$	$\ln(GC)_{ij}$
$BRI_i \times Post_t$	0.088*** (0.026)	0.432*** (0.129)	0.270*** (0.104)	0.628*** (0.018)	0.664*** (0.206)
$BRI_i \times Post_t \times Policy$	0.036*** (0.013)				
$BRI_i \times Post_t \times Facility$		-0.136** (0.067)			
$BRI_i \times Post_t \times Trade$			-0.005 (0.005)		
$BRI_i \times Post_t \times Finance$				-0.110*** (0.092)	
$BRI_i \times Post_t \times People$					-0.228*** (0.083)
控制变量	是	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是
样本量	1228	752	1317	878	1312
调整 $R^2$ 值	0.260	0.229	0.268	0.122	0.327

注：同表 3。

从“一带一路”五通政策对双边“绿色”产业互补指数的影响来看（表 6），BRI 政策效应具有稳健性，但“五通”内容的对其影响具有异质性。其中，“一带一路”倡议有利于与中国政治互信程度高的国家形成双边国家“绿色”比较优势；设施联通、资金融通、民心相通显著降低了双边绿色互补指数。也就是说，在国际贸易中尤其要强调两国之间的相互信任，以打消对方的贸易疑虑。根据指标构建含义对其进行分析，可能产生的原因为相对于沿线国家，中国自身资源禀赋与科技实力较强，通过双边设施沟通密切、资金流通以及文化交流，中国的碳减排程度更大。

## 六、结论与启示

本文将隐含碳测算与基于比较优势的贸易互补指数结合，测算比较了中国与“一带一路”

沿线国家和其他国家“绿色”产业互补指数。在此基础上，本文构建双重差分模型检验“一带一路”倡议对双边“绿色”产业互补的影响效应，并针对性地检验有关作用机制。此外，本文讨论了“五通”政策和区域的异质性。主要研究结论如下：

第一，中国与“一带一路”沿线国家“绿色”产业互补指数呈现明显的上升趋势，这意味着将我国碳排放水平作为基准时，沿线国家碳排放量水平明显更大程度降低。中国与非沿线国的互补指数始终大于沿线国，但随着时间的推移，两者差距逐渐减小。

第二，BRI使中国与沿线国家“绿色”产业互补指数增大。这同样意味着，“一带一路”沿线国家生产单位产品隐含碳排放量减少程度更多。进一步说明了，BRI有利于沿线国家差异化比较优势的形成，提升双边互补性。BRI提出后，双边贸易合作交流主要通过增加沿线国家资本和优化碳减排技术，进而促进双边差异化比较优势形成、提升互补性的。

第三，BRI的促进效应存在着异质性。从沿线区域角度来看，BRI明显促进了我国与中亚和中东欧沿线国家的“绿色”产业互补性，而并未显著促进与东南亚、南亚和西亚北非沿线地区的互补性。从BRI“五通”政策内涵来看，中国与政治互信程度高的沿线国家的“绿色”互补性更显著。

上述研究发现和结论对于促进中国与“一带一路”沿线国形成优势互补的“绿色”贸易关系、降低各国产品生产过程中整体隐含碳排放具有重要的现实意义和参考价值。本文以此为依据提出以下政策建议：

首先，中国应坚定不移地走好“一带一路”，重视BRI中的“绿色”产能合作内涵。本研究表明BRI提高了中国与沿线国的“绿色”互补水平。因此，在与沿线国家进行倡议进出口合作时，应将碳排放成本考虑在内，各国多生产并出口处于“绿色”产业比较优势的产品，进口处于“绿色”比较劣势的产品，这对于提升BRI区域经济合作水平、降低国际总体碳排放量起着十分重要的作用。

其次，加强中国与“一带一路”沿线国资金交流和技术交流。本研究发现，双边贸易合作交流主要通过增加沿线国家资本和优化减排技术来促进双边形成比较优势的。因此，各国进行充分地减排技术沟通，提高各要素配置和生产效率，促进形成“绿色”优势互补的产业结构。

最后，不断加强与“一带一路”沿线国政策沟通力度，着重关注双边政策沟通的效度，形成政治互信。政策沟通位列“五通”之首，是“五通”中最具基础意义的内容，本研究结果表明我国更趋向于与政治互信程度高的国家形成“绿色”互补性。因此，加强政府间合作，积极构建多层次政府间宏观政策沟通交流机制，促进政治互信，达成“绿色低碳”合作新共识，有利于实现“绿色”优势互补、互利共赢。

## 参考文献

- 曹翔、聪波、张继军, 2020:《“一带一路”倡议对沿线国家环境质量的影响》,《中国人口·资源与环境》第12期。
- 陈虹、杨成玉, 2015:《“一带一路”国家战略的国际经济效应研究——基于CGE模型的分析》,《国际贸易问题》第10期。
- 陈继勇、杨旭丹, 2019:《贸易竞争性、互补性及贸易潜力——基于“一带一路”沿线国家与美加墨统计数据的数据分析》,《武汉大学学报(哲学社会科学版)》第6期。
- 陈建军、肖晨明, 2004:《中国与东盟主要国家贸易互补性比较研究》,《世界经济研究》第8期。
- 陈楠、刘学敏, 2019:《垂直专业化下中日贸易“隐含碳”实证研究》,《统计研究》第3期。
- 傅元海、唐未兵、王展祥, 2010:《FDI溢出机制、技术进步路径与经济增长绩效》,《经济研究》第6期。
- 胡艺、闫吉丽、全毅, 2017:《中国与“21世纪海上丝绸之路”沿线国家贸易互补性测度及其影响因素的实证研究》,《世界经济研究》第8期。
- 黄天航、胡潇月、陈劲锋、王毅、张碧青, 2020:《“一带一路”沿线国家可持续发展水平评价及其影响因素——基于Super-SBM模型和Tobit模型的实证》,《中国人口·资源与环境》第12期。
- 黄秀路、韩先锋、葛鹏飞, 2017:《“一带一路”国家绿色全要素生产率的时空演变及影响机制》,《经济管理》第9期。
- 金刚、沈坤荣, 2019:《中国企业对“一带一路”沿线国家的交通投资效应:发展效应还是债务陷阱》,《中国工业经济》第9期。
- 蓝庆新、黄婧涵, 2020:《“一带一路”沿线国家绿色发展水平评价研究》,《财经问题研究》第4期。
- 李焱、李佳蔚、王炜瀚、黄庆波, 2021:《全球价值链嵌入对碳排放效率的影响机制——“一带一路”沿线国家制造业的证据与启示》,《中国人口·资源与环境》第7期。
- 刘朝、吴纯、李增刚, 2022:《中国对“一带一路”沿线国家直接投资的碳排放效应》,《中国人口·资源与环境》第1期。
- 刘海云、毛海欧, 2016:《制造业OFDI对出口增加值的影响》,《中国工业经济》第7期。
- 刘钻扩、辛丽, 2018:《“一带一路”建设对沿线中国重点省域绿色全要素生产率的影响》,《中国人口·资源与环境》第12期。
- 吕越、尉亚宁、王强, 2023:《共建“一带一路”与全球贸易网络深化》,《中国人民大学学报》第1期。
- 毛海欧、刘海云, 2019:《中国对外直接投资对贸易互补关系的影响:“一带一路”倡议扮演了什么角色》,《财贸经济》第10期。
- 孟凡鑫、李芬、刘晓曼、蔡博峰、苏芙蓉、胡俊梅、张祎, 2019:《中国“一带一路”节点城市CO<sub>2</sub>排放特征分析》,《中国人口·资源与环境》第1期。
- 倪中新、卢星、薛文骏, 2016:《“一带一路”战略能够化解我国过剩的钢铁产能吗——基于时变参数向量自回归模型平均的预测》,《国际贸易问题》第3期。
- 潘安, 2018:《全球价值链视角下的中美贸易隐含碳研究》,《统计研究》第1期。
- 彭水军、张文城、孙传旺, 2015:《中国生产侧和消费侧碳排放量测算及影响因素研究》,《经济研究》第1期。
- 齐绍洲、徐佳, 2018:《贸易开放对“一带一路”沿线国家绿色全要素生产率的影响》,《中国人口·资源与环境》第4期。
- 乔小勇、李泽怡、相楠, 2018:《中间品贸易隐含碳排放流向追溯及多区域投入产出数据库对比——基于WIOD、Eora、EXIOBASE数据的研究》,《财贸经济》第1期。
- 区浩驰、郭凯迪、王灿, 2022:《“一带一路”沿线国家可持续发展综合评价及中国合作建议》,《中国人口·资源与环境》第6期。
- 沈悦、郭品, 2015:《互联网金融、技术溢出与商业银行全要素生产率》,《金融研究》第3期。
- 宋弘、罗长远、栗雅欣, 2021:《对外开放新局面下的中国国家形象构建——来自“一带一路”倡议的经验研究》,《经济学(季刊)》第1期。
- 孙楚仁、张楠、刘雅莹, 2017:《“一带一路”倡议与中国对沿线国家的贸易增长》,《国际贸易问题》第2期。
- 孙致陆、李先德, 2013:《经济全球化背景下中国与印度农产品贸易发展研究——基于贸易互补性、竞争性和增长潜力的实证分析》,《国际贸易问题》第12期。
- 谭秀杰、周茂荣, 2015:《21世纪“海上丝绸之路”贸易潜力及其影响因素——基于随机前沿引力模型的实证研究》,《国际贸易问题》第2期。

- 王桂军、卢潇潇, 2019: 《“一带一路”倡议与中国企业升级》, 《中国工业经济》第3期。
- 王国安、范昌子, 2006: 《中欧贸易互补性研究——基于比较优势理论和产业内贸易理论的实证分析》, 《国际贸易问题》第3期。
- 王文治、陆建明, 2006: 《中国对外贸易隐含碳排放余额的测算与责任分担》, 《统计研究》第8期。
- 吴开尧、杨廷干, 2016: 《国际贸易碳转移的全球图景和时间演变》, 《统计研究》第2期。
- 徐坡岭、黄茜, 2019: 《“一带一路”蓝皮书: “一带一路”建设发展报告(2019)》, 社会科学文献出版社。
- 杨波、李波, 2021: 《“一带一路”倡议与企业绿色转型升级》, 《国际经贸探索》第6期。
- 姚丽芳, 1998: 《中国外贸进出口影响因素实证分析》, 《统计研究》第5期。
- 于津平, 2003: 《中国与东亚主要国家和地区间的比较优势与贸易互补性》, 《世界经济》第5期。
- 岳立、杨玉春, 2019: 《“一带一路”沿线国家绿色全要素能源效率的时空分异研究——基于超效率DEA模型和GML指数法》, 《经济问题探索》第6期。
- 周国富、朱倩, 2014: 《出口隐含碳排放的产业分布及优化对策研究》, 《统计研究》第10期。
- Balassa B., 1965, “Trade Liberalization and ‘Revealed’ Comparative Advantage”, *The Manchester School of Economic and Social Studies*, 33(2), 91~123.
- Brown A., 1948, *Applied Economics: Aspects of the World Economy in War and Peace*, Now York: Rinehart and Company.
- Donaubauer J., Glas A., Meyer B., and Nunnenkamp P., 2018, “Disentangling the impact of infrastructure on trade using a new index of infrastructure”, *Weltwirtschaftliches Archiv (Review of World Economics)*, 154(4), 745~784.
- Drysdale P., 1967, *Japanese-Australian Trade*. (Ph D Dissertation), Canberra: Australian National University.
- Drysdale P., 1969, “Japan, Australia, New Zealand: The Prospect for Western Pacific Economic Integration”, *Economic Record*, 45(3), 321~342.
- Du J, Zhang Y., 2018, “Does one belt one road initiative promote Chinese overseas direct investment?”, *China Economic Review*, 47, 189~205.
- Görg H., Mao H., 2022, “Does the belt and road initiative stimulate Chinese exports? Evidence from micro data”, *The World Economy*, 45(7), 2084~2100.
- Handley K., 2014, “Exporting under trade policy uncertainty: Theory and evidence”, *Journal of International Economics*, 94(1), 50~66.
- Handley K., and Limão N., 2017, “Policy uncertainty, trade, and welfare: Theory and evidence for china and the United States”, *American Economic Review*, 107(9), 2731~2783.
- Heckscher G., Heckscher E F., Ohlin B., 1991, *Heckscher-Ohlin trade theory*, Mit Press.
- Koopman R., Wang Z., and Wei SJ, 2014, “Tracing value-added and double counting in gross exports”, *American Economic Review*, 104(2). 459~494.
- Lenzen M., and Rueda J., 2012, “A note on the use of supply-use tables in impact analyses”, *SORT-Statistics and Operations Research Transactions*, 36(2), 139~152.
- Li Y., and Hewitt C N., 2008, “The effect of trade between China and the UK on national and global carbon dioxide emissions”, *Energy policy*, 36(6), 1907~1914.
- Mao H., Liu G., and Zhang C., 2019, “Does belt and road initiative hurt node countries? A study from export perspective”, *Emerging Markets Finance and Trade*, 55(7), 1472~1485.
- Su B., and Ang B W., 2013, “Input - output analysis of CO2 emissions embodied in trade: competitive versus non-competitive imports”, *Energy Policy*, 56, 83~87.
- Su B., and Ang B W., 2014, “Input - output analysis of CO2 emissions embodied in trade: a multi-region model for China”, *Applied Energy*, 114, 377~384.

Wang Z., Su B., and Xie R., 2020, "China's aggregate embodied CO2 emission intensity from 2007 to 2012: A multi-region multiplicative structural decomposition analysis", *Energy Economics*, 85, 104568.

Weber C L., Peters G P., and Guan D., 2008, "The contribution of Chinese exports to climate change", *Energy Policy*, 36(9), 3572~3577.

Yamazawa I., 1971, "Structural Changes in World Trade Flows", *Hitotsubashi Journal of Economics*, 11(2), 11~21