

# 高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型与“一带一路”碳排放

刘震

(山东大学商学院, 山东威海 264209)

**摘要:**绿色低碳转型是实现“一带一路”高质量发展的关键战略举措,高端制造业出口贸易和数字化转型赋能“一带一路”节能减排。利用91种高端制造产品进出口数据,构建“年份—行业—出口国—进口国”四维数据集,形成“一带一路”高端制造业出口贸易网络矩阵,从网络参与程度和控制能力测度各国嵌入程度,并从理论和实证角度探讨了嵌入程度、数字化转型与碳排放之间的关系。结果表明:“一带一路”沿线国家在高端制造业贸易网络中参与程度的提高显著增加碳排放,控制能力和数字化转型的提升会减少碳排放;高端制造业数字化转型强化了网络参与度对“一带一路”碳排放的增加效应,并强化了控制能力的减排效应;发展中国家深度参与“一带一路”高端制造业贸易网络能够促进节能减排;高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型对“一带一路”碳排放的影响存在规模效应、能源结构和技术水平三个传导机制。这一研究为各国如何通过参与“一带一路”高端制造业贸易网络,实现“一带一路”减碳绿色发展提供理论依据,并为此提出科学可行的实现路径。

**关键词:**高端制造业贸易网络;数字化转型;“一带一路”碳排放;社会网络分析

**中图分类号:**F742 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-1505(2023)06-0155-14

**DOI:**10.14134/j.cnki.cn33-1337/c.2023.06.014

## 一、引言

近年来,全球气候问题日益严峻,各国致力于在绿色背景下实现可持续发展。2020年习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”。这表明中国作为能源消耗和碳排放大国,在经济发展压力下,仍展现对节能减排的重视。中国于2013年提出“一带一路”倡议,经过十年的耕耘,“一带一路”在全球已成为备受关注的国际合作平台和备受欢迎的全球公共产品。2019年习近平总书记在第二届“一带一路”国际合作高峰论坛开幕式上强调,“要坚持开放、绿色、

**收稿日期:**2023-07-27

**基金项目:**国家社会科学基金青年项目“价值链视角下我国海外园区空间布局对‘一带一路’高质量发展的影响研究”(20CJL016)

**作者简介:**刘震,女,山东大学商学院助理研究员,经济学博士,主要从事国际贸易与投资研究。

廉洁理念,不搞封闭排他的小圈子,把绿色作为底色,推动绿色基础设施建设、绿色投资、绿色金融,保护好我们赖以生存的共同家园”。

中国制造业在“大而全”的基础上也致力于结构性转型,不断提升高端制造业比重与技术水平,加强“一带一路”高端制造业领域的分工与合作。既有研究表明,贸易与经济增长对一国碳排放呈现出较为复杂的影响<sup>[1-2]</sup>,尤其是对于高耗能的高端制造业发展。如何在积极推动“一带一路”高端制造业出口贸易和数字化转型的基础上,实现节能减碳绿色发展,具有重要的研究价值。既有文献一方面分析了高端制造业创新特征、影响因素以及贸易格局等,另一方面则关注数字化转型对企业经营、产业贸易和实体经济的影响,对于如何实现“一带一路”绿色低碳发展,虽有部分研究,但鲜有研究从高端制造业贸易网络、数字化转型角度出发,分析两者对“一带一路”碳排放的影响。基于此,“一带一路”高端制造业出口网络嵌入程度对碳排放存在何种影响?“一带一路”高端制造业数字化转型是否具有减排效应?该效应是否会受到网络嵌入和数字化转型的交叉影响?该效应是否具有行业和地区异质性?

## 二、文献综述

随着各国对实体经济重视程度的提升,高端制造业发展成为国际竞争的焦点,也是一国制造转型升级的重要抓手。首先,高端制造业重要性在于其所涵盖的创新本质<sup>[3]</sup>,既有文献或将高端制造业创新过程总结为以创新要素为基础,产生创新成果<sup>[4]</sup>,或构建高端制造业创新指数测度模型,测度创新水平<sup>[5]</sup>。其次,全球价值链视角下高端制造业的发展引发了较多关注,如积极嵌入全球价值链有助于提升高端制造业网络地位<sup>[6]</sup>、RCEP 为中日韩高端制造业深度实现价值链合作提供新的契机<sup>[7]</sup>等。最后,从复杂网络视角,分析全球高端制造业贸易的格局和影响因素<sup>[8]</sup>。

数字经济的迅猛发展使数字化转型成为产业乃至企业的竞争优势。首先,既有研究表明企业数字化转型有助于赋能实体经济发展<sup>[9]</sup>、增强资本市场流动性<sup>[10]</sup>、提升企业效益<sup>[11]</sup>和生产率<sup>[12]</sup>等;其次,数字化转型与出口贸易相关研究,包括数字化转型促进出口贸易<sup>[13]</sup>、对出口技术复杂度存在非线性影响<sup>[14]</sup>、促进出口质量提升<sup>[15]</sup>、提高出口韧性等<sup>[16]</sup>;最后,数字化转型与环境相关研究,认为数字化转型有助于企业节能减排<sup>[17-18]</sup>。

“一带一路”高质量发展离不开绿色建设方式的转变,“一带一路”倡议下实现绿色低碳化合作面临着一定的挑战<sup>[19]</sup>。当前对“一带一路”绿色发展和环境污染相关的研究主要有以下几个方面:第一,“一带一路”倡议能够显著促进国内企业绿色转型<sup>[20]</sup>;第二,中国对“一带一路”国家对外直接投资(OFDI)是否存在“污染光环”效应<sup>[21]</sup>;第三,对于如何改善“一带一路”环境质量,既有研究认为,“一带一路”倡议本身便可降低沿线城市的污染水平<sup>[22]</sup>以及嵌入全球价值链有助于“一带一路”环境改善<sup>[23]</sup>。

综上所述,既有文献一般从贸易开放、价值链嵌入等角度分析如何实现“一带一路”节能减排和可持续发展,而鲜有文献以高端制造业为抓手,将数字“一带一路”和绿色“一带一路”相结合,分析“一带一路”高端制造业出口网络嵌入、数字化转型与碳排放之间的关系。据此,本文整合了涵盖91种高端制造产品、5个细分行业、“一带一路”沿线27个国家、2010年至2018年间“年份—行业—出口国—进口国”四维数据集,借助社会网络分析法,构建了“一带一路”高端制造业出口网络矩阵,从网络参与程度和控制能力两个角度测度各个国家在该网络中嵌入程度,并从理论和实证两个维度分析了嵌入程度、数字化转型与碳排放之间的关系。

本文可能的边际贡献:第一,本研究通过社会网络分析法,将“一带一路”高端制造业出口贸易网络嵌入分为节点国家在该网络中的参与程度和控制能力两个方面,从而更精准辨别“一带一路”沿线国家在进行高端制造业出口贸易时差异性嵌入特征,拓宽了对当前“一带一路”高端制造业贸易的现

实分析。第二,本研究分别探讨了“一带一路”沿线国家在高端制造业出口贸易网络参与程度、控制能力及数字化转型水平对碳排放的影响,并对高端制造业贸易网络嵌入与数字化转型是否存在交叉影响进行验证,对既有研究进行补充。

### 三、理论机制与研究假说

#### (一) 高端制造业出口贸易网络嵌入对“一带一路”碳排放的作用机制

“一带一路”沿线国家在高端制造业出口贸易网络中嵌入程度越深,一方面代表相关国家在该贸易网络中参与程度越高,另一方面也意味着相关国家在该网络中的控制能力越强,即该国在贸易网络中作为中间人和影响他国的能力越强。对于参与程度来说,第一,在“一带一路”倡议推动下,沿线国家积极参与高端制造业贸易网络,参与程度的增强意味着出口规模扩大,供给商生产及经营规模也随之扩张。根据既有研究<sup>[24]</sup>,规模扩大会导致碳排放增加。第二,“一带一路”沿线国家高端制造业出口贸易规模扩大促使供给企业扩张,特别是高端制造业中涵盖较多高耗能行业,即企业扩张将增加能源消耗,阻碍能源结构优化升级,导致“一带一路”沿线国家产生更多的碳排放<sup>[2]</sup>。第三,“一带一路”沿线国家经济发展水平参差不齐,发展中国家占较大比重。在生产工序碎片化与国际分工纵深发展背景下,“一带一路”沿线国家遵循比较优势,参与国际分工,进行高端制造业出口贸易。这虽然会促进出口国经济增长,但在全球价值链生产模式下,也易被锁定在价值链低端,陷入比较优势陷阱,难以实现价值链升级和技术提升。既有研究表明<sup>[25]</sup>,技术水平提升有助于降低能耗水平,开发和应用清洁技术,实现环境友好型生产转变,降低碳排放,即“一带一路”沿线国家的高端制造业出口贸易网络参与程度负作用于技术水平提升,增加碳排放。据此,本文提出假说 H1:

假说 H1:“一带一路”沿线国家在高端制造业出口贸易网络中参与程度越强,碳排放水平越高。

对于“一带一路”沿线国家在高端制造业出口贸易网络的控制能力来说,第一,在国际分工和贸易网络中,双方交易不仅体现在贸易往来上,而且体现在双方在交易过程中表现出来的控制能力上。“一带一路”沿线国家高端制造行业在出口网络中的控制力越强,表明其国际经贸往来中更占据优势地位,市场势力更强,也更有能力选择契合度更高的合作伙伴,从而通过出口网络,有组织有规划地实现规模生产。这有助于实现规模经济,降低基础设施建设成本,提高固定资产使用率,提高生产效率及能源利用率,激发规模效应的正面影响,降低“一带一路”碳排放。基于此,“一带一路”沿线国家在高端制造业出口网络控制能力通过规模效应正面作用,降低碳排放。第二,出口增长有助于进出口商建立稳定网络及信息渠道,有助于出口商了解国际规则与标准,在环境治理越发重要的全球共识下,推动出口商在环保规则上与世界接轨,并借助其在高端制造行业贸易网络中控制能力的提升,主动选择与高标准环保企业合作,改进自身管理方式,采用低耗能材料和技术,提高生产加工等环节中能源使用率,提升获取新能源的可能性,优化能源结构,降低煤炭等传统能源消耗水平<sup>[26]</sup>,降低碳排放。基于此,“一带一路”沿线国家在高端制造业出口网络控制能力通过能源结构优化效应,降低碳排放。第三,高端制造行业出口包括中间品和最终品,中间品生产以国际碎片化分工模式为基础,以中间品贸易为流转形式,嵌入全球价值链中不同环节,与上下游合作伙伴在生产、加工和销售等环节建立信息传播和技术溢出渠道。掌握更先进的节能技术,有助于突破清洁生产技术的获取障碍,以实现碳排放的降低<sup>[27]</sup>,即“一带一路”沿线国家在高端制造业出口贸易网络控制能力通过技术水平提升效应,降低碳排放。据此,本文提出假说 H2:

假说 H2:“一带一路”沿线国家在高端制造业出口贸易网络中控制能力越强,碳排放水平越低。

#### (二) 高端制造业数字化转型对“一带一路”碳排放的作用机制

高端制造业数字化转型对“一带一路”碳排放的影响存在规模效应、能源结构优化以及技术提升

效应。具体来看,第一,高端制造业数字化转型的关键在于引入以计算机、服务器及相关设备为载体的数字技术。这些设备本身具有耗电、耗能的特点;同时以信息与通信技术(ICT)为代表的硬软件存在周转率较高,寿命较短,更新换代速度较快的特征。因此,高端制造业数字化转型过程中会通过规模扩张,增加能耗,使碳排放水平提高<sup>[28-29]</sup>。另外,数字技术优势体现在与其他传统行业的融合贯通上。在大数据、云计算及机器学习等数字技术推动下,高端制造业运用数据资源在设计、研发、生产、物流、运输、库存和销售等多个环节通过科学管理、要素重新整合和资源配置优化发挥规模经济优势,实现生产效率提升、优化能源利用率,激发规模效应的正面影响,降低“一带一路”碳排放。结合以上研究,可发现高端制造业数字化转型的规模效应同时存在正向和负向影响,借鉴既有研究<sup>[30-31]</sup>,本文认为正向作用强于负向作用,即“一带一路”沿线国家高端制造业数字化转型通过规模效应的正面作用,降低碳排放。

第二,高端制造业数字化转型体现在“传统产业+数字技术”上<sup>[32]</sup>,一方面改变了传统高端制造业的生产与销售方式。例如,过去在市场调研、设计、加工制造等环节中,企业为开拓市场,需到实地进行调研考察;当存在设计和咨询需求时,需与专业团队进行面对面交流;在加工制造时,也需要对生产过程随时监督。这些都会产生出行和运输服务需求,加大传统能源消耗,增加碳排放。而数字化转型则可借助互联网、视频会议及3D打印技术等,对这些环节进行改进,减少实地出行与运输,减少物理移动,改善能源结构<sup>[33]</sup>,降低碳排放水平。另一方面,深度脱碳的关键在于电气化水平提升<sup>[18]</sup>。清洁能源和电气化源自大自然,具有难以掌控、存储和运用的特点<sup>[34]</sup>,因此科学合理推进电气化进程需技术支撑。高端制造业数字化转型借助网络科技,实现自动化、智能化和电气化升级,有效推进电气化进程,有步骤有规划地逐步替代传统能源,优化能源结构,降低碳排放水平。

第三,高端制造业数字化转型一方面借助互联网平台推动以跨境电商为代表的贸易新模式<sup>[35]</sup>,促使生产者和消费者实现直接对接,使供给端能够获取消费端反馈的第一手资料,有助于供给端根据个性化需求对产品生产和经营模式进行调整,根据真实精准的反馈信息,提升产品质量、生产效率,提高技术水平;同时,网络平台减少了企业固定资产投资,降低了中小企业进入销售市场的难度<sup>[36]</sup>,形成企业广泛参与模式,激发中小企业创新能力,为企业间技术分享与交流创造条件,提升技术水平。另一方面,高端制造业本身具有高技术、高附加值特点,同时数字技术具有外溢性和渗透性,因此,高端制造业与数字技术更易实现深度融合。数字技术不仅会融入该企业、该行业,并且通过国际分工延伸至上下游行业,促进技术外溢,实现技术联动提升<sup>[37]</sup>。同时,行业内部分企业技术水平的提升也会倒逼其他企业进行技术创新,以保持市场竞争优势。高端制造业数字化转型促进了技术水平提升,则会促进相关企业、行业提升生产效率、获取更多收益,更容易创新开发节能及清洁技术,降低碳排放<sup>[38-39]</sup>。据此,本文提出假说 H3:

假说 H3: 高端制造业数字化转型程度越高,碳排放水平越低。

## 四、实证检验

### (一) 研究设计

为验证“一带一路”高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型对“一带一路”碳排放的影响,基准模型设定如下:

$$CSTR_{ct} = \beta_0 + \beta_1 OUTDE_{ict} + \beta_2 STHOLE_{ict} + \beta_3 DIGTRA_{ict} + \sum \alpha_k X_{ict} + \lambda_c + \theta_i + \rho_t + \varepsilon_{ict} \quad (1)$$

其中,下标  $c$ 、 $i$  和  $t$  分别代表国家、高端制造细分行业及年份, $\lambda_c$ 、 $\theta_i$  和  $\rho_t$  分别代表国家固定、行业固定及年份固定效应, $\varepsilon_{ict}$  代表随机误差项。



## (二) 数据说明

1. 被解释变量。本研究被解释变量为“一带一路”沿线国家  $c$  在  $t$  年的碳排放水平 ( $CSTR$ ), 以碳强度表示, 通过  $\text{CO}_2$  排放量除以国内生产总值计算而得<sup>[40]</sup>, 数据来自世界银行数据库, 研究区间为 2010—2018 年。

2. 核心解释变量。(1) “一带一路”高端制造业贸易网络嵌入指标测算。参考既有研究<sup>[8]</sup>, 结合 OECD 对制造业技术水平分类, 本研究选取 91 种高端制造业产品类别, 其贸易数据来自 UN-COMTRADE, 根据 ISIC Rev. 3 编码, 将这些产品贸易数据汇总至 5 个高端制造业细分行业, 分别为飞机和航空器 (编码为 353), 制药 (2423), 办公、会计和计算机器 (30), 广播、电视和通信设备 (32) 以及医疗、精密光学仪器 (33)。考虑数据可得性, 本研究将“一带一路”沿线国家限定在 27 个国家,<sup>①</sup> 最终构建涵盖了 91 种产品、5 个细分行业、27 个国家、9 年间的“出口国—进口国—行业—年份”四维数据集。

既有研究表明<sup>[8]</sup>, 世界各国高端制造业贸易存在复杂网络关系, 因此本文借助社会网络分析法, 刻画“一带一路”高端制造业贸易的现实特征。具体来说, 基于上文所构建的四维数据集, 以本研究选取的“一带一路”27 个沿线国家为网络节点, 以节点国家间的贸易关系为边界, 以具体贸易值为权重, 构建“一带一路”高端制造业贸易网络矩阵  $N$ , 其中矩阵中第  $i$  行、第  $j$  列的元素  $n_{ij}$  为第  $i$  国出口至第  $j$  国的高端制造业贸易量, 由此形成 2010—2018 年“一带一路”高端制造业出口网络矩阵, 从而精准描绘“一带一路”沿线国家高端制造业的现实情况。

为捕捉“一带一路”高端制造业贸易网络中节点国家的个体特征, 即“一带一路”沿线国家  $c$  在  $t$  年的高端制造细分行业  $i$  出口贸易网络嵌入水平, 基于既有研究<sup>[41-42]</sup>, 嵌入指标从出强度<sup>②</sup> ( $OUTDE$ ) 和结构洞<sup>③</sup> ( $STHOLE$ ) 两个维度衡量, 出强度指标代表“一带一路”沿线节点国家在高端制造业出口贸易网络中的参与程度, 结构洞指标表示节点国家在该网络中的控制能力, 从而更充分刻画“一带一路”沿线节点国家在高端制造业贸易网络中的特征与地位。

(2) 高端制造业数字化转型水平。该解释变量为“一带一路”沿线国家  $c$  在  $t$  年的高端制造细分行业  $i$  数字化转型水平 ( $DIGTRA$ ), 借鉴既有研究<sup>[18][43]</sup>, 具体计算公式为:  $DIGTRA_{ict} = CDIG_{it} \times DINP_{ict}$ 。

其中,  $CDIG_{it}$  代表“一带一路”沿线国家各年度数字经济发展水平,  $DINP_{ict}$  表示该国高端制造细分行业  $i$  在该年度数字化投入水平。对于“一带一路”沿线国家各年度数字经济发展水平的测度, 结合网络就绪指数设定规则, 借鉴既有研究<sup>[18]</sup>, 本文构建了“一带一路”数字经济发展水平测度体系 (如表 1 所示), 并对“一带一路”沿线国家进行测度。对于“一带一路”沿线国家高端制造细分行业各年度数字化投入水平, 本文以“一带一路”沿线各国各年度高端制造细分行业中数字行业投入占总投入比重进行衡量<sup>[14]</sup>, 数据来自 OECD 投入产出表 (ICIO)。

3. 控制变量。为规避可能存在的遗漏变量, 基于既有研究, 本文分别选取以下控制变量: “一带一路”沿线各国经济发展水平 ( $GDP$ )<sup>[1]</sup>; 通货膨胀率 ( $INFLA$ ); 城市化水平 ( $URBANO$ ), 以各国各年度城市人口占总人口比重衡量<sup>[44]</sup>; 制造业发展水平 ( $MANU$ ), 以各国各年度制造业产值衡量; 汽油价格

①考虑 OECD 的 ICIO 表中数据, 选取 27 个国家: 捷克、爱沙尼亚、以色列、拉脱维亚、立陶宛、波兰、斯洛伐克、斯洛文尼亚、土耳其、文莱、保加利亚、柬埔寨、中国、克罗地亚、印度、印度尼西亚、哈萨克斯坦、老挝、马来西亚、缅甸、菲律宾、罗马尼亚、俄罗斯、沙特阿拉伯、新加坡、泰国和越南。

②出强度公式:  $Outde(v_i) = \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} out$ , 其中  $w_{ij}$  表示顶点  $v_i$  与其他顶点的出边上的权值, 该值越大, 表示在网络中参与程度越高。

③结构洞指的是网络中非冗余的联系, 能够有助于占据者在网络中获取“信息利益”和“控制利益”, 该值越大, 表示在网络中控制能力越强。

(*PETROL*);制造业集聚水平(*MANUCLUS*)<sup>[45]</sup>,借助区位熵方法,测算“一带一路”沿线国家制造业集聚水平;考虑到“一带一路”沿线国家政治、宗教、经济等方面存在较大差距,因此,本研究中加入各国各年度政治稳定度(*POLIST*)、法治水平(*LAWD*)和腐败水平(*CORUP*)三个变量以控制“一带一路”沿线国家差异性特征。数据来源于世界银行数据库、UNCTAD、世界银行全球治理指标,研究区间为2010—2018年。

表1 “一带一路”数字经济发展水平测度体系

一级指标	二级指标		三级指标		数据来源
	指标名称	权重	指标名称	权重	
数字 经济 发展 水平	数字基础设施	1/3	互联网普及率	1/4	WDI
			固定宽带普及率	1/4	
			移动网络覆盖率	1/4	
			安全网络服务器覆盖率	1/4	
	数字产业竞争强度	1/3	高新技术出口占比(占制成品的比重)	1/4	WDI
			ICT 产品出口(占产品出口额比重)	1/4	
			ICT 服务出口(占服务出口额比重)	1/4	
			计算机、通信与其他服务出口占比	1/4	
	数字投入水平	1/3	数字制造投入占总投入比重	1/2	ICIO
			数字服务投入占总投入比重	1/2	

注:笔者根据相关资料制作。

(三) 基准模型检验结果与分析

表2检验的是高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型对“一带一路”碳排放的影响。通过逐渐增加控制变量,结果显示核心解释变量对被解释变量的影响系数保持显著稳健性。“一带一路”沿线国家在高端制造业贸易网络中的出强度(*OUTDE*)对碳排放(*CSTR*)的影响显著为负,即出强度每增长1个单位,碳排放显著增加0.4%;结构洞(*STHOLE*)对碳排放影响显著为负,即结构洞指标每增长1个单位,碳排放显著减少3.7%;数字化转型(*DIGTRA*)对碳排放影响显著为负,即数字化转型指标每增长1个单位,碳排放显著减少0.3%。这表明“一带一路”沿线国家在高端制造业贸易网络中的出强度越高,“一带一路”碳排放越多;结构洞越高,碳排放越少;“一带一路”沿线国家高端制造业数字化转型程度越高,碳排放越少。因此,假说 H1、H2、H3得到证实。

表2 高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型对“一带一路”碳排放的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>OUTDE</i>	0.006 *** (0.001)	0.005 *** (0.001)	0.005 *** (0.001)	0.005 *** (0.001)	0.004 *** (0.001)	0.005 *** (0.001)	0.004 *** (0.001)
<i>STHOLE</i>	-0.053 ** (0.022)	-0.043 ** (0.022)	-0.040 ** (0.020)	-0.036 ** (0.020)	-0.035 ** (0.020)	-0.037 ** (0.020)	-0.037 ** (0.020)
<i>DIGTRA</i>	-0.005 *** (0.001)	-0.006 *** (0.001)	-0.004 *** (0.001)	-0.003 *** (0.001)	-0.003 *** (0.001)	-0.003 *** (0.001)	-0.003 *** (0.001)
<i>GDP</i>		-0.007 *** (0.001)	-0.021 *** (0.002)	-0.019 *** (0.001)	-0.019 *** (0.002)	-0.019 *** (0.002)	-0.020 *** (0.002)
<i>INFLA</i>		-0.003 *** (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)
<i>URBANO</i>			0.054 *** (0.004)	0.047 *** (0.005)	0.045 *** (0.005)	0.046 *** (0.005)	0.048 *** (0.005)

(续表2)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>MANU</i>			0.028 *** (0.008)	0.025 *** (0.008)	0.025 *** (0.008)	0.025 *** (0.008)	0.024 *** (0.008)
<i>PETROL</i>				-0.005 (0.018)	-0.018 (0.019)	-0.012 (0.019)	-0.020 (0.019)
<i>MANUCLUS</i>				0.246 *** (0.055)	0.225 *** (0.055)	0.230 *** (0.055)	0.234 *** (0.055)
<i>POLIST</i>					0.049 *** (0.016)	0.061 *** (0.016)	0.061 *** (0.016)
<i>LAWD</i>						-0.085 *** (0.029)	-0.116 *** (0.032)
<i>CORUP</i>							0.057 ** (0.027)
常数项	0.586 *** (0.019)	0.639 *** (0.020)	-2.455 *** (0.257)	-2.335 *** (0.258)	-2.173 *** (0.262)	-2.233 *** (0.262)	-2.349 *** (0.267)
观测值	1215	1215	1215	1215	1215	1215	1215
控制国家	是	是	是	是	是	是	是
控制行业	是	是	是	是	是	是	是
控制年份	是	是	是	是	是	是	是
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.102	0.162	0.270	0.283	0.289	0.295	0.298

注: 括号内为标准误, \*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平上统计显著。下同。

(四) 稳健性检验

1. 稳健性检验 I: 内生性处理。考虑到可能存在的遗漏变量问题, 本研究在基准模型中引入被解释变量的滞后一期, 借助系统 GMM 进行检验, 结果显示在表3第(1)列中。考虑到可能存在的双向因果, 在基准模型中分别引入三个解释变量的滞后一期, 借助系统 GMM 进行检验, 结果显示在表3第(2)(3)(4)列中。结果表明了研究结论的稳健性。同时, 由于 Bartik 工具变量可以有效解决由遗漏变量、反向因果等导致的内生性问题<sup>[46]</sup>。本文借鉴赵奎等<sup>[46]</sup>的做法, 使用份额移动法构造 Bartik 工具变量, 即使用核心解释变量的初始份额构成及其增长率来模拟出各年度的估计值。Bartik 工具变量由于与核心解释变量高度相关, 且满足外生性要求, 因此具有其合理性, 实证结果显示在表3第(5)列中, 结果排除了工具变量的弱识别问题, 证实了研究结论的稳健性。

表3 内生性处理

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>OUTDE</i>	0.003 *** (0.001)	0.003 *** (0.001)	0.003 *** (0.001)	0.003 *** (0.001)	
<i>STHOLE</i>	-0.036 *** (0.001)	-0.035 *** (0.001)	-0.038 *** (0.001)	-0.035 *** (0.001)	
<i>DIGTRA</i>	-0.004 *** (0.001)	-0.004 *** (0.001)	-0.003 *** (0.001)	-0.004 *** (0.001)	
<i>BARTIK_IV<sub>outde</sub></i>					0.004 *** (0.001)
<i>BARTIK_IV<sub>sthole</sub></i>					-0.033 *** (0.001)

(续表3)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>BARTIK_IV</i> <sub>digtra</sub>					-0.005 *** (0.001)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-0.105 *** (0.001)	-0.021 *** (0.001)	-0.015 *** (0.001)	-0.022 *** (0.001)	-3.213 *** (0.067)
观测值	1080	1080	1080	1080	1215
控制国家	是	是	是	是	是
控制行业	是	是	是	是	是
控制年份	是	是	是	是	是
<i>AR</i> (1)	0.001	0.002	0.002	0.002	——
<i>AR</i> (2)	0.392	0.453	0.431	0.440	——
<i>P</i>	0.887	0.876	0.886	0.886	——
<i>R</i> <sup>2</sup>	——	——	——	——	0.458

2. 稳健性检验 II:核心变量的替换。在被解释变量方面,本研究以“一带一路”沿线国家历年的CO<sub>2</sub>排放量除以人口数替代,结果显示在表4第(1)列中;在解释变量方面,分别以高端制造业出口贸易网络中特征向量中心度和中间中心度作为出强度和结构洞指标的替代变量<sup>[41]</sup>,结果显示在表4第(2)(3)列中。结果显示,核心解释变量对被解释变量影响系数的方向和显著性与基准模型检验一致,表明研究结论的稳健性。

3. 稳健性检验 III:估计模型替换。本研究分别以 FGLS 及自助法(Bootstrap)两种方法对基准模型进行检验,结果分别显示在表4第(4)(5)列中。结果显示,核心解释变量对被解释变量影响系数的方向和显著性与基准模型检验一致,表明研究结论的稳健性。

表4 稳健性检验:核心变量替换

变量	核心变量替换			估计模型替换	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>OUTDE</i>	0.012 ** (0.006)	0.003 *** (0.001)	0.004 *** (0.001)	0.002 ** (0.001)	0.004 ** (0.002)
<i>STHOLE</i>	-0.181 ** (0.089)	-0.030 *** (0.007)	-0.002 ** (0.001)	-0.015 * (0.008)	-0.037 * (0.020)
<i>DIGTRA</i>	-0.006 ** (0.003)	-0.003 *** (0.001)	-0.003 *** (0.001)	-0.002 ** (0.001)	-0.004 ** (0.002)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-12.53 *** (1.509)	-2.414 *** (0.270)	-2.367 *** (0.268)	-3.001 *** (0.328)	-2.349 *** (0.384)
观测值	1215	1215	1215	1215	1215
控制国家	是	是	是	是	是
控制行业	是	是	是	是	是
控制年份	是	是	是	是	是
<i>Wald</i>	—	—	—	8709.60	912.86
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.453	0.290	0.297		0.299



五、扩展分析

(一) 交互效应检验

为验证“一带一路”高端制造业出口贸易网络嵌入与高端制造业数字化转型间是否存在交互效应,本文分别构建出强度(*OUTDE*)与高端制造业数字化转型之间的交叉项,以及结构洞(*STHOLE*)与高端制造业数字化转型之间的交叉项,以此检验嵌入度与数字化转型间的交互作用,结果如表5列(1)(2)所示。第(1)列加入出强度与数字化转型的交叉项,结果显示,交叉项显著为正,出强度显著为正,数字化转型显著为负;第(2)列加入结构洞与数字化转型交叉项,结果显示,交叉项显著为负,结构洞显著为负,数字化转型显著为负。这表明,出强度与数字化转型的交叉作用增加了碳排放,结构洞与数字化转型交叉作用减少了碳排放。对此的解释为:“一带一路”沿线国家在高端制造出口网络中参与程度与数字化转型的交叉作用更多通过贸易规模的增长,激发规模效应,提升制造业数字化强度,增加了耗能;贸易参与度增加所引发的比较优势固化,使“一带一路”沿线国家难以根据自身发展战略,主动选择将传统产业与数字技术相结合,也就难以实现能源结构优化和技术提升。因此,贸易网络参与度与高端制造业数字化转型的交叉作用增加了“一带一路”碳排放。“一带一路”沿线国家在高端制造出口网络中的控制能力与数字化转型的交叉作用则更倾向于激发规模效应的积极影响,这是由于节点国家在贸易网络中的控制能力表示该国在该网络中扮演着中间人的角色,具有较强的资源配置能力,通过聚集、协调和调配异质性要素,主动进行数字化转型,有规划有目标有步骤地实现效率提升、能源结构优化和技术提升。因此,贸易网络控制能力与高端制造业数字化转型的交叉作用降低了“一带一路”碳排放。

(二) 异质性检验

考虑到“一带一路”沿线国家发展水平的差异性,本文按照 OECD 的划分标准,将沿线国家分为发达国家和发展中国家,构建虚拟变量 *DEV*,并将其与出强度、结构洞和数字化转型分别进行交叉,结果如表5第(3)(4)(5)列。结果显示,“一带一路”高端制造业贸易网络出强度与该节点国家是否为发展中国家的交互项(*OUTDE* × *DEV*)系数显著为负,表明对于发展中国家来说,深度参与“一带一路”高端制造业贸易网络更能发挥规模效应对于“一带一路”碳排放的积极作用。这是由于“一带一路”倡议为沿线国家提供了多形式的合作机制,特别是对于内生性动力不强的发展中国家,“一带一路”倡议以互利共赢为合作理念,注重发展中国家的发展需求,致力于完善基础设施建设,包括数字基础设施,为这些国家经济起飞提供坚实基础和发展机遇。因此,发展中国家基于“一带一路”倡议进行高端制造业贸易合作的动力更强,更倾向于积极参与国际分工,寻求机遇进行数字化转型,发挥规模效应的积极效应,促进能源结构改善,促进技术进步,最终实现“一带一路”碳排放降低。

表5 交互效应及异质性检验

变量	交互效应检验		异质性检验		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>OUTDE</i> × <i>DIGTRA</i>	0.002 ** (0.001)				
<i>STHOLE</i> × <i>DIGTRA</i>		-0.004 ** (0.002)			
<i>OUTDE</i> × <i>DEV</i>			-0.006 *** (0.001)		

(续表5)

变量	交互效应检验		异质性检验		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>STHOLE</i> × <i>DEV</i>				0.019 (0.032)	
<i>DIGTRA</i> × <i>DEV</i>					-0.050 (0.036)
<i>OUTDE</i>	0.004 *** (0.001)	0.004 *** (0.001)	0.007 *** (0.001)	0.004 *** (0.001)	0.004 *** (0.001)
<i>STHOLE</i>	-0.037 * (0.020)	-0.034 * (0.020)	-0.035 * (0.020)	-0.047 * (0.027)	-0.039 * (0.020)
<i>DIGTRA</i>	-0.012 ** (0.005)	-0.006 ** (0.003)	-0.069 *** (0.024)	-0.170 *** (0.025)	-0.161 *** (0.021)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-2.366 *** (0.267)	-2.358 *** (0.267)	-2.251 *** (0.261)	-2.350 *** (0.267)	-2.319 *** (0.268)
观测值	1215	1215	1215	1215	1215
控制国家	是	是	是	是	是
控制行业	是	是	是	是	是
控制年份	是	是	是	是	是
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.301	0.299	0.331	0.299	0.300

(三) 影响机制检验

为验证高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型与“一带一路”碳排放间的作用机制,基于既有研究<sup>[47]</sup>,本研究选取制造业增加值占 GDP 比重、化石燃料能耗占能源使用总量比重以及技术复杂度分别作为规模效应(*MANUGD*)、能源结构(*FOFUE*)和技术效应(*TECH*)的衡量指标,并构建中介模型进行检验。其中,制造业增加值占 GDP 比重、化石燃料能耗占能源使用总量比重指标来自世界银行数据库;同时,借鉴既有研究<sup>[48]</sup>从增加值贸易视角测算技术复杂度指标。公式如下:

$$TECH_i = \sum_{j=1}^k \left\{ \frac{VAX_{ij} + RDV_{ij}}{\sum_{j=1}^k (VAX_{ij} + RDV_{ij})} \times \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{(VAX_{ij} + RDV_{ij}) / \sum_{i=1}^n (VAX_{ij} + RDV_{ij})}{\sum_{j=1}^k [(VAX_{ij} + RDV_{ij}) / \sum_{i=1}^n (VAX_{ij} + RDV_{ij})]} \right\} \times Y_i \right\}$$

(2)

其中,*i*为国家,*j*为产业,*k*为产业内行业数,*n*为经济体数量;*VAX<sub>ij</sub>*表示一国某产业出口增加值;*RDV<sub>ij</sub>*表示一国某产业返回的出口增加值;*Y<sub>i</sub>*为一国人均 GDP。

表6展示了高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型与“一带一路”碳排放是否存在规模效应、能源结构和技术水平三个传导机制。第(1)列为高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型对“一带一路”碳排放影响的基准模型,第(2)列验证出强度、结构洞和数字化转型对贸易规模的影响,第(3)列验证出强度、结构洞、数字化转型和贸易规模对碳排放的影响。对比(1)(2)(3)列可知,出强度对碳排放为显著正向影响,结构洞和数字化转型对碳排放为显著负向作用;出强度、结构洞和数字化转型对贸易规模都存在显著正向作用,说明三个解释变量都存在规模效应;同时,在基准模型中加入贸易规模变量后,验证了贸易规模对碳排放的显著负向影响,出强度、结构洞和数字化转型系数都下降,且数字化转型指标显著性也下降,规模效应得到证实。

第(4)列验证出强度、结构洞和数字化转型对能源结构的影响,第(5)列验证出强度、结构洞、数字化转型和能源结构对碳排放的影响。对比(1)(4)(5)列可知,出强度对碳排放为显著正向影响,结

构洞和数字化转型对碳排放为显著负向作用;出强度对能源结构存在显著正向作用,即出强度恶化了能源结构,而结构洞和数字化转型对能源结构为显著负向作用,即这两个变量优化了能源结构;同时,在基准模型中加入能源结构变量后,验证了能源结构对碳排放的显著正向影响,出强度系数下降,且结构洞和数字化转型系数指标不再显著,能源结构机制得到证实。

第(6)列验证出强度、结构洞和数字化转型对技术水平的影响,第(7)列验证出强度、结构洞、数字化转型和技术水平对碳排放的影响。对比(1)(6)(7)列可知,出强度对碳排放为显著正向影响,结构洞和数字化转型对碳排放为显著负向作用;出强度对技术水平存在显著负向作用,即出强度降低了技术水平,而结构洞和数字化转型对技术水平为显著正向作用,即这两个变量提升了技术水平;同时,在基准模型中加入技术水平变量后,验证了技术水平对碳排放的显著负向影响,出强度系数下降,且结构洞和数字化转型系数指标不再显著,技术效应机制得到证实。

综上,中介模型的实证检验证实了高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型与“一带一路”碳排放存在规模效应、能源结构和技术水平三个传导机制。

表6 影响机制检验

变量	(1)	MANUGD		FOFUEH		TECH	
		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	CSTR	MANUGD	CSTR	FOFUEH	CSTR	TECH	CSTR
OUTDE	0.044 *** (0.001)	0.022 ** (0.012)	0.004 *** (0.001)	0.021 ** (0.010)	0.004 *** (0.001)	-0.010 ** (0.005)	0.006 *** (0.001)
STHOLE	-0.037 * (0.020)	0.007 ** (0.003)	-0.033 * (0.020)	-0.032 ** (0.015)	-0.028 (0.020)	0.006 ** (0.003)	-0.032 (0.021)
DIGTRA	-0.003 *** (0.001)	0.002 ** (0.001)	-0.002 ** (0.001)	-0.009 *** (0.001)	-0.001 (0.001)	0.005 *** (0.001)	-0.001 (0.001)
MANUGD			-0.218 *** (0.045)				
FOFUEH					0.262 *** (0.036)		
TECH							-0.051 ** (0.025)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-2.349 *** (0.267)	3.126 *** (0.180)	-1.668 *** (0.299)	-3.242 *** (0.225)	-3.198 *** (0.285)	13.28 *** (0.206)	-1.646 *** (0.636)
观测值	1215	1215	1215	1215	1215	1080	1080
控制国家	是	是	是	是	是	是	是
控制行业	是	是	是	是	是	是	是
控制年份	是	是	是	是	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.299	0.177	0.314	0.292	0.333	0.421	0.352

六、结论与启示

“一带一路”低碳发展是实现“绿色丝绸之路”和“一带一路”高质量发展的重要抓手。本研究将“数字丝绸之路”与“绿色丝绸之路”相结合,构建涵盖了91种高端制造产品、5个细分行业、“一带一路”沿线27个国家、2010年至2018年间“出口国—进口国—行业—年份”四维数据集,借助社会网络分析法,形成“一带一路”高端制造业出口贸易网络矩阵,从网络参与程度和控制能力两个角度测度各个

国家在该网络中的嵌入程度,并从理论和实证两个维度分析了嵌入程度、数字化转型与碳排放之间的关系。研究结果显示:(1)“一带一路”沿线国家在高端制造业贸易网络参与程度促进“一带一路”碳排放增加,控制能力和高端制造业数字化转型程度会显著降低碳排放;(2)高端制造业数字化转型强化了网络参与度对“一带一路”碳排放的增加效应,并强化了控制能力的减排效应;(3)发展中国家深度参与“一带一路”高端制造业贸易网络能够促进节能减排;(4)高端制造业出口贸易网络嵌入、数字化转型对“一带一路”碳排放的影响存在规模效应、能源结构和技术水平三个传导机制。

以上研究结果对推动“一带一路”节能低碳发展有几点政策启示:(1)发挥“一带一路”倡议的顶层设计优势,积极推进“一带一路”沿线国家在高端制造业贸易网络中嵌入程度的提升。具体来看,一方面,通过“一带一路”倡议下高层互访、常态化沟通机制的建立,深入了解并精准匹配各国在高端制造业的供需情况,以低成本、高效率实现“一带一路”高端制造业贸易精准对接,激发并强化沿线国家在参与高端制造业贸易网络时所产生规模效应的积极影响,发挥规模经济的优势,实现“一带一路”节能减排;另一方面,沿线国家应积极参与“一带一路”倡议下的论坛与会议,这不仅能增强自身影响力,而且有助于与其他国家建立深度合作关系,拓宽充当中间人的渠道,从而增强本国对相关资源和要素的控制能力,以促进低碳发展。(2)加强软硬件建设,推动高端制造业数字化转型。具体来看,在硬件方面,充分利用大数据、互联网和云计算等数字技术,同时推进以“一带一路”沿线国家跨境陆缆与海底光缆为依托的数字基础设施建设,与高端制造业形成有机互动,为产业数字化转型提供坚实基础,从而有效发挥高端制造业数字化转型的减排优势。在软件方面,不断优化营商环境,为相关企业提供良好的创新创业环境,制定相关政策,如减税优惠等,鼓励高端制造企业进行基础研发,加强企业实行数字化转型的内生动力,从而加快高端制造业数字化转型进程,以发挥其节能低碳的优势。(3)发展中国家应积极参与高端制造业贸易网络,结合研究结果可知,“一带一路”沿线发展中国家通过参与程度的提升,即可实现低碳转变。因此,中国应发挥本国基础设施建设优势,并将其辐射至其他发展中国家,为这些国家进行高端制造业贸易扫除障碍,疏通渠道,发挥规模效应的积极影响,促进能源结构改善,促进技术进步,实现“一带一路”碳排放降低。

#### 参考文献:

- [1] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Economic Growth and the Environment[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353-377.
- [2] POELHEKKE S, PLOEG F. Green Havens and Pollution Havens[J]. The World Economy, 2015, 38(7): 1159-1178.
- [3] SPAK G T. US Advanced Manufacturing Skills Gap: Innovative Education Solutions[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013, 106(2): 3235-3245.
- [4] 李金华. “十四五”初期中国建设制造强国供给力分析[J]. 浙江工商大学学报, 2021(6): 128-140.
- [5] 黄鲁成, 张二涛, 杨早立. 基于 MDM-SIM 模型的高端制造业创新指数构建与测度[J]. 中国软科学, 2016(12): 144-153.
- [6] 辛娜, 袁红林. 全球价值链嵌入与全球高端制造业网络地位: 基于增加值贸易视角[J]. 改革, 2019(3): 61-71.
- [7] 张彦. RCEP 下中日韩高端制造业的区域价值链合作[J]. 亚太经济, 2021(4): 11-22.
- [8] 许和连, 孙天阳. TPP 背景下世界高端制造业贸易格局演化研究——基于复杂网络的社团分析[J]. 国际贸易问题, 2015(8): 3-13.
- [9] 李万利, 潘文东, 袁凯彬. 企业数字化转型与中国实体经济发展[J]. 数量经济技术经济研究, 2022(9): 5-25.
- [10] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界, 2021(7): 130-144.
- [11] 刘向东, 米壮, 何明钦, 等. 零售数字化创新与企业竞争力——基于利益相关者视角的实证研究[J]. 商业经济与管理, 2022(5): 5-17.



- [12] PAUNOV C, ROLLO V. Has the Internet Fostered Inclusive Innovation in the Developing World[J]. *World Development*, 2016, 78(2): 587-609.
- [13] MCCORMICK M, SOMAYA D. Born Globals from Emerging Economies: Reconciling Early Exporting with Theories of Internationalization[J]. *Global Strategy Journal*, 2020, 10(2): 251-281.
- [14] 党琳, 李雪松, 申烁. 制造业行业数字化转型与其出口技术复杂度提升[J]. *国际贸易问题*, 2021(6): 32-47.
- [15] 洪俊杰, 蒋慕超, 张宸妍. 数字化转型、创新与企业出口质量提升[J]. *国际贸易问题*, 2022(3): 1-15.
- [16] 魏昀妍, 龚星宇, 柳春. 数字化转型能否提升企业出口韧性[J]. *国际贸易问题*, 2022(10): 56-72.
- [17] 王庆喜, 胡安, 辛月季. 数字经济能促进绿色发展吗? ——基于节能、减排、增效机制的实证检验[J]. *商业经济与管理*, 2022(11): 44-59.
- [18] 卢华玉, 余群芝. 制造业数字化转型能否降低出口隐含碳强度[J]. *国际贸易问题*, 2022(7): 36-52.
- [19] DU J, ZHANG Y. Does One Belt One Road Initiative Promote Chinese Overseas Direct Investment[J]. *China Economic Review*, 2018, 47(2): 189-205.
- [20] 杨波, 李波. “一带一路”倡议与企业绿色转型升级[J]. *国际经贸探索*, 2021(6): 20-36.
- [21] 刘乃全, 戴晋. 我国对“一带一路”沿线国家 OFDI 的环境效应[J]. *经济管理*, 2017(12): 6-23.
- [22] 余东升, 李小平, 李慧. “一带一路”倡议能否降低城市环境污染? ——来自准自然实验的证据[J]. *统计研究*, 2021(6): 44-56.
- [23] 王颖, 万璐, 周彦希. 贸易大通道下 GVC 嵌入能带给“一带一路”环境红利吗——基于隐含碳视角[J]. *南开经济研究*, 2022(7): 100-125.
- [24] HE J. Pollution Haven Hypothesis and Environmental Impacts of Foreign Direct Investment: The Case of Industrial Emission of Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub>) in Chinese Provinces[J]. *Ecological Economics*, 2005, 60(1): 228-245.
- [25] 盛斌, 吕越. 外国直接投资对中国环境的影响——来自工业行业面板数据的实证研究[J]. *中国社会科学*, 2012(5): 54-75.
- [26] SU B, THOMSON E. China's Carbon Emissions Embodied in (Normal and Processing) Exports and Their Driving Forces, 2006—2012[J]. *Energy Economics*, 2016, 59(9): 414-422.
- [27] 杨莉莎, 朱俊鹏, 贾智杰. 中国碳减排实现的影响因素和当前挑战——基于技术进步的视角[J]. *经济研究*, 2019(11): 118-132.
- [28] JONES N. How to Stop Data Centres from Gobbling up the World's Electricity[J]. *Nature*, 2018, 561(7722): 163-166.
- [29] ZHOU X, ZHOU D, WANG Q. How Information and Communication Technology Drives Carbon Emissions: A Sector-level Analysis for China[J]. *Energy Economics*, 2019, 81(6): 380-392.
- [30] FAISAL F, AZIZULLAH, TURSOY T, et al. Does ICT Lessen CO<sub>2</sub> Emissions for Fast-emerging Economies? An Application of the Heterogeneous Panel Estimations[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27(1): 10778-10789.
- [31] LAHOUEL B B, TALEB L, ZAIED Y B, et al. Does ICT Change the Relationship between Total Factor Productivity and CO<sub>2</sub> Emissions? Evidence Based on a Nonlinear Model[J]. *Energy Economics*, 2021, 101(9): 1-15.
- [32] 张晴, 于津平. 投入数字化与全球价值链高端攀升——来自中国制造业企业的微观证据[J]. *经济评论*, 2020(6): 72-89.
- [33] 张三峰, 魏下海. 信息与通信技术是否降低了企业能源消耗——来自中国制造业企业调查数据的证据[J]. *中国工业经济*, 2019(2): 155-173.
- [34] MURSHED M. An Empirical Analysis of the Non-linear Impacts of ICT-trade Openness on Renewable Energy Transition, Energy Efficiency, Clean Cooking Fuel Access and Environmental Sustainability in South Asia[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27(29): 36254-36281.
- [35] 马述忠, 郭继文, 张洪胜. 跨境电商的贸易成本降低效应: 机理与实证[J]. *国际经贸探索*, 2019(5): 69-85.
- [36] 杜华勇, 王节祥, 李其原. 产业互联网平台价值共创机理——基于宏图智能物流的案例研究[J]. *商业经济与管理*, 2021(3): 5-18.
- [37] 易子榆, 魏龙, 王磊. 数字产业技术发展对碳排放强度的影响效应研究[J]. *国际经贸探索*, 2022(4): 22-37.

- [38] KOOMEY J G, MATTHEWS H S, WILLIAMS E. Smart Everything: Will Intelligent Systems Reduce Resource Use[J]. Annual Review of Environment and Resources, 2013, 38(1): 311–343.
- [39] BEIER G, NIEHOFF S, XUE B. More Sustainability in Industry through Industrial Internet of Things[J]. Applied Sciences, 2018, 8(2): 219–231.
- [40] 陈登科. 贸易壁垒下降与环境污染改善——来自中国企业污染数据的新证据[J]. 经济研究, 2020(12): 98–114.
- [41] BURT R S. Structural Holes and Good Ideas[J]. American Journal of Sociology, 2004, 110(2): 349–399.
- [42] 刘慧, 蔡建红. FTA 网络的企业创新效应: 从被动嵌入到主动利用[J]. 世界经济, 2021(3): 3–31.
- [43] 齐俊妍, 任奕达. 数字经济发展、制度质量与全球价值链上游度[J]. 国际经贸探索, 2022(1): 51–67.
- [44] 朱欢, 郑洁, 赵秋运, 等. 经济增长、能源结构转型与二氧化碳排放——基于面板数据的经验分析[J]. 经济与管理研究, 2020(11): 19–34.
- [45] O' DONOGHUE D, GLEAVE B A. Note on Methods for Measuring Industrial Agglomeration[J]. Regional Studies, 2004, 38(4): 419–427.
- [46] 赵奎, 后青松, 李巍. 省会城市经济发展的溢出效应——基于工业企业数据的分析[J]. 经济研究, 2021(3): 150–166.
- [47] BARON R M, KENNY D A. The Moderator-mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 2019, 51(6): 1173–1182.
- [48] HAUSMANN R, HWANG J, RODRIK D. What You Export Matters[J]. Journal of Economic Growth, 2007, 12(1): 1–25.

## High-end Manufacturing Export Network Embeddedness, Digital Transformation and Carbon Emissions of “the Belt and Road”

LIU Zhen

(School of Business, Shandong University, Weihai 264209, China)

**Abstract:** Green and low-carbon transformation is a key measure of achieving high-quality development of the “the Belt and Road”. High-end manufacturing export and digital transformation influences emission reduction of the “the Belt and Road”. Based on the trade data of 91 high-end manufacturing products, this paper constructs a four-dimensional dataset of “year / industry / exporter / importer”, forms the “the Belt and Road” high-end manufacturing export network matrix, measures the embeddedness of countries from network participation to control ability, and analyzes the relationship between embeddedness, digital transformation and carbon emissions. The results show that the improvement of the participation of countries along the “the Belt and Road” in high-end manufacturing trade networks significantly increases carbon emissions, and the improvement of control capability and digital transformation reduces carbon emissions. The digital transformation of high-end manufacturing industry has strengthened the increasing effect of network participation on carbon emissions of the “the Belt and Road”, and strengthened the emission reduction effect of control capability. Developing countries’ deep participation in the “the Belt and Road” high-end manufacturing trade network can cause emission reduction. The impact of high-end manufacturing export network embeddedness and digital transformation on carbon emissions of the “the Belt and Road” has three transmission mechanisms: scale effect, energy structure and technology level. This paper provides a theoretical basis to reducing carbon emissions of the “the Belt and Road”, and proposes scientific and feasible policies.

**Key words:** high-end manufacturing trade network; digital transformation; “the Belt and Road” carbon emissions; social network analysis



(责任编辑 孙 豪)